

# 2016 森林資源保存與利用 研討會

## 論文集

日期：2016年9月9~10日(星期五~六)

地點：行政院農業委員會林業試驗所  
(臺北市中正區南海路53號)

主辦單位：行政院農業委員會林業試驗所

協辦單位：中華林學會



2016 森林資源保存與利用研討會論文集

行政院農業委員會林業試驗所 編印

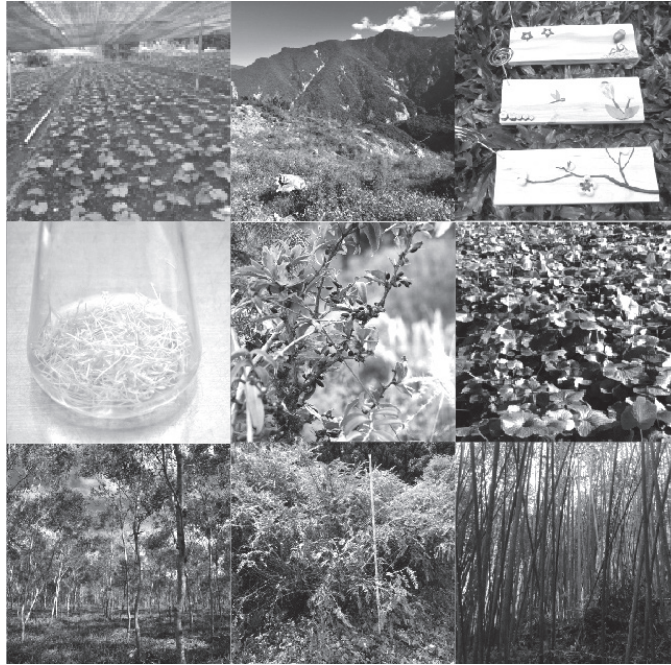


行政院農業委員會林業試驗所 編印

# 2016

## 森林資源保存與利用研討會

### 論文集



日期：2016年9月9~10日(星期五~六)

地點：行政院農業委員會林業試驗所  
(臺北市中正區南海路53號)

主辦單位：行政院農業委員會林業試驗所

協辦單位：中華林學會

行政院農業委員會林業試驗所 編印



# 「2016 森林資源保存與利用」研討會議程

日期：105 年 9 月 9 日 ~ 10 日(星期五~六)

地點：行政院農業委員會林業試驗所(台北市中正區南海路 53 號)四樓會議室

| 105 年 9 月 9 日 ( 星期五 ) |                       |                              |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------|
| 時 間                   | 議 程                   |                              |
| 08:30-09:00           | 報 到                   |                              |
| 09:00-09:15           | 貴 賓 致 詞               |                              |
| 時 間                   | 論文題目                  | 作者 ( 主講人* )                  |
| 主持人：李明仁               |                       |                              |
| 栽植生長                  |                       |                              |
| 09:15-09:35           | 阿里山石棹地區石竹林分結構及生物量     | 陳財輝*、汪大雄、蘇德忠、李宗宜             |
| 09:35-09:55           | 雜交麻瘋樹的生長表現及初步選拔       | 馬復京*、何政坤、張淑華、顧文君、游漢明、黃冬梨、謝勝國 |
| 09:55-10:15           | 花蓮兆豐地區造林劣化地復育研究       | 彭炳勳*、邱志明                     |
| 10:15-10:35           | 多納林道崩場地先驅樹木的更新策略      | 林文智、周富三*                     |
| 10:35-10:55           | 茶敘 / 資訊交流(20 分)       |                              |
| 10:55-11:15           | 布袋鹽田土壤治理成效對栽植林木生長之影響  | 蘇冠誠、何坤益*                     |
| 11:15-11:35           | 臺灣五十種原生闊葉樹種的光合潛力及耐陰等級 | 郭耀綸*                         |
| 11:35-11:55           | 台灣三種紅樹林樹種之光合特性        | 王經文*、翁韶良、廖天賜                 |
| 11:55-12:15           | 台灣相思樹 3 年生種源後裔與栽植密度試驗 | 陳永修*、何政坤                     |
| 午 餐                   |                       |                              |

## 「2016 森林資源保存與利用」研討會議程

| 時 間         | 論文題目   | 作者 ( 主講人* )  |
|-------------|--|--|
| 主持人：張上鎮     |  |  |
| 木竹材與林產物利用   |  |  |
| 13:30-13:50 | 疏伐小徑木與植物種實於生活用品上之初步利用  | 范貴珠*、張育慈、張智強、彭采宸   |
| 13:50-14:10 | 山葵新經濟生產系統之初步評估   | 黃怡菁*、傅春旭、陳柏勳、何政坤、黃裕星   |
| 14:10-14:30 | 臺灣不同地區山胡椒精油含量與成分差異之研究  | 陳怡蓓*、陳盈如   |
| 14:30-14:50 | 建築用孟宗竹竹稈之性質評估  | 李金梅*、楊德新、趙偉成、林志憲、黃國雄   |
| 14:50-15:10 | 木本植物種實油脂之分析  | 顧文君*、馬復京、朱紀實、許富蘭   |
| 15:10-15:30 | 茶敘 / 資訊交流(20 分)  |  |
| 主持人：王升陽     |  |  |
| 林木生理遺傳      |  |  |
| 15:30-15:50 | 以代謝體學分析策略探索台灣杉木酚素生合成遺傳變異及其心材形成機制   | 曹乃文*、潘信鴻、簡世昌、孫英玄、曲芳華、王升陽   |
| 15:50-16:10 | 氯化鈉鹽分濃度與處理時間對台灣欒樹種子發芽屬性影響之研究   | 陳嘉蔚*、林虔隆   |
| 16:10-16:30 | Genetic diversities of <i>Castanopsis carlesii</i> Hayata in Taiwan and Fujian - Fuzhou Gushan as an example | Shijiang Cao*, Zhangtian You, Chiachen Wu, Shuisheng You, Shutzong Lin, Liqian Guo |
| 16:30-16:50 | An aquatic but desiccation-tolerant plant, <i>Isoetes taiwanensis</i> DeVol                                  | Yao-Moan Huang*, Feng Chih Liu, Li-Ju Ju, Chun-Mei Wang                            |
| 16:50-17:10 | 楓香倍半萜類化合物之季節變化及生合成基因表現   | 文起祥*、莊羚、曲芳華  |

# 「2016 森林資源保存與利用」研討會議程

| 105 年 9 月 10 日 ( 星期六 ) |  |   |
|------------------------|--|---|
| 時 間                    | 議 程  |   |
| 08:30-09:00            | 報 到  |   |
| 時 間                    | 論文題目   | 作者 ( 主講人* )                                 |
| 主持人：林世宗                |  |   |
| 基因表現                   |  |   |
| 09:00-09:20            | 轉殖赤桉纖維素基因苗木之性狀分析   | 林巖*、陳振榮、曲芳華、鍾振德                             |
| 09:20-09:40            | The study of chloroplast microsatellite markers in <i>Cinnamomum kanehirae</i> Hayata and its relative species | Chia-Chen Wu*, Shu-Hwa Chang, Cheng-Kuen Ho |
| 繁殖育苗                   |  |   |
| 09:40-10:00            | 台灣相思樹嫁接困難的原因推測   | 洪聖峰*、何政坤、陳永修                                |
| 10:00-10:20            | 蕨類隱性綠色孢子   | 黃曜謀*、曾梅慧                                    |
| 10:20-10:40            | 茶敘 / 資訊交流(20 分)  |   |
| 10:40-11:00            | 鐵冬青、呂宋莢蒾、臺灣小檗和阿里山十大功勞種子發芽休眠之研究   | 陳舜英、簡慶德*、蔡仔涵、蘇信璋、王玉婷                        |
| 11:00-11:20            | 台灣穗花杉控制授粉與胚胎發育   | 鍾振德*、簡慶德、葉翠華、李玉珍、陳建帆、陳正豐                    |
| 11:20-11:40            | 南洋紅豆杉生產護膚機能產品之品種選拔與培育  | 陳永修、張淑華、何政坤*、蔡錦瑩                            |
| 11:40-12:00            | 台灣粗榧毛狀根誘導與培養   | 張淑華*、何政坤、陳怡蓓、蔡錦瑩、陳熾、黃芷雲、呂汶玲                 |
| 12:00-13:30            | 午 餐  |   |

## 「2016 森林資源保存與利用」研討會議程

| 時 間         | 論文題目               | 作者 ( 主講人* )                  |
|-------------|--------------------|------------------------------|
| 主持人：郭幸榮     |                    |                              |
| 繁殖育苗        |                    |                              |
| 13:30-13:50 | 玉山箭竹種子發芽特性研究       | 陳慧玲*、王欣琳、林世宗                 |
| 森林生態        |                    |                              |
| 13:50-14:10 | 北臺灣林下遮蔭茶園與蟻相生態指標   | 胡正恆*、陳芬蕙                     |
| 14:10-14:30 | 生物多樣性指標建置與資料品質檢核機制 | 邱祈榮、周巧盈*、郭悌懿、<br>李玲玲、邵廣昭、林政道 |
| 14:30-14:50 | 山櫻花物候模式研究          | 劉恩妤*、邱祈榮                     |

# 目 錄

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 阿里山石棹地區石竹林分結構及生物量.....                | 1  |
| ( 陳財輝*、汪大雄、蘇德忠、李宗宜 )                  |    |
| 雜交麻瘋樹的生長表現及初步選拔.....                  | 5  |
| ( 馬復京*、何政坤、張淑華、顧文君、游漢明、黃冬梨、謝勝國 )      |    |
| 花蓮兆豐地區造林劣化地復育研究.....                  | 11 |
| ( 彭炳勳、邱志明* )                          |    |
| 多納林道崩場地先驅樹木的更新策略.....                 | 15 |
| ( 林文智、周富三* )                          |    |
| 布袋鹽田土壤治理成效對栽植林木生長之影響.....             | 19 |
| ( 蘇冠誠、何坤益* )                          |    |
| 臺灣五十種原生闊葉樹種的光合潛力及耐陰等級.....            | 23 |
| ( 郭耀綸* )                              |    |
| 台灣三種紅樹林樹種之光合特性.....                   | 27 |
| ( 王經文、翁韶良、廖天賜* )                      |    |
| 台灣相思樹 3 年生種源後裔與栽植密度試驗.....            | 31 |
| ( 陳永修*、何政坤 )                          |    |
| 疏伐小徑木與植物種實於生活用品上之初步利用.....            | 37 |
| ( 范貴珠*、張育慈、張智強、彭采宸 )                  |    |
| 山葵新經濟生產系統之初步評估.....                   | 43 |
| ( 黃怡菁*、傅春旭、陳柏勳、何政坤、黃裕星 )              |    |
| 臺灣不同地區山胡椒精油含量與成分差異之研究.....            | 47 |
| ( 陳怡蓓*、陳盈如 )                          |    |
| 建築用孟宗竹竹稈之性質評估.....                    | 53 |
| ( 李金梅、楊德新、趙偉成、林志憲、黃國雄* )              |    |
| 木本植物種實油脂之分析.....                      | 57 |
| ( 顧文君、馬復京、朱紀實、許富蘭* )                  |    |
| 以代謝體學分析策略探索台灣杉木酚素生合成遺傳變異及其心材形成機制..... | 61 |
| ( 曹乃文、潘信鴻、簡世昌、孫英玄、曲芳華、王升陽* )          |    |

|  |     |
|--|-----|
| 氯化鈉鹽分濃度與處理時間對台灣欒樹種子發芽屬性影響之研究.....  | 65  |
| ( 陳嘉蔚、林虔隆* )   |     |
| Genetic diversities of <i>Castanopsis carlesii</i> Hayata in Taiwan and Fujian -<br>Fuzhou Gushan as an example .....  | 69  |
| ( Shijiang Cao, Zhangtian You, Chiachen Wu, Shuisheng You, Shutzong Lin*,<br>Liqian Guo )                              |     |
| An aquatic but desiccation-tolerant plant, <i>Isoetes taiwanensis</i> DeVol .....                                      | 75  |
| ( Yao-Moan Huang*, Feng Chih Liu, Li-Ju Ju, Chun-Mei Wang )  |     |
| 楓香倍半萜類化合物之季節變化及生合成基因表現 .....   | 79  |
| ( 文起祥、莊羚、曲芳華* )  |     |
| 轉殖赤桉纖維素基因苗木之性狀分析 .....   | 83  |
| ( 林巖、陳振榮、曲芳華*、鍾振德* )   |     |
| The study of chloroplast microsatellite markers in <i>Cinnamomum kanehirae</i> Hayata<br>and its relative species..... | 87  |
| ( Chia-Chen Wu*, Shu-Hwa Chang, Cheng-Kuen Ho )  |     |
| 台灣相思樹嫁接困難的原因推測.....  | 91  |
| ( 洪聖峰、何政坤、陳永修* )   |     |
| 蕨類隱性綠色孢子 .....   | 97  |
| ( 黃曜謀*、曾梅慧 )   |     |
| 鐵冬青、呂宋莢蒾、臺灣小檗和阿里山十大功勞種子發芽休眠之研究 .....   | 101 |
| ( 陳舜英*、簡慶德、蔡仔涵、蘇信璋、王玉婷 )   |     |
| 台灣穗花杉控制授粉與胚胎發育.....  | 107 |
| ( 鍾振德*、簡慶德、葉翠華、李玉珍、陳建帆、陳正豐 )   |     |
| 南洋紅豆杉生產護膚機能產品之品種選拔與培育.....   | 111 |
| ( 陳永修、張淑華、何政坤*、蔡錦瑩 )   |     |
| 台灣粗榧毛狀根誘導與培養.....  | 115 |
| ( 張淑華*、何政坤、陳怡蓓、蔡錦瑩、陳熿、黃芷雲、呂汶玲 )  |     |
| 玉山箭竹種子發芽特性研究.....  | 119 |
| ( 陳慧玲、王欣琳、林世宗* )   |     |
| 北臺灣林下遮蔭茶園與蟻相生態指標 .....   | 125 |
| ( 胡正恆、陳芬蕙* )   |     |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 生物多樣性指標建置與資料品質檢核機制 .....     | 131 |
| ( 邱祈榮、周巧盈*、郭悌懿、李玲玲、邵廣昭、林政道 ) |     |
| 山櫻花物候模式研究 .....              | 137 |
| ( 劉恩妤、邱祈榮* )                 |     |



## 阿里山石棹地區石竹林分結構及生物量

陳財輝<sup>1)\*</sup> 汪大雄<sup>2)</sup> 蘇德忠<sup>1)</sup> 李宗宜<sup>1)</sup>

### 緒言

臺灣現有竹類分屬於 15 屬 40 種 3 變種以及 10 個栽培品種，適合經濟栽培生產竹筍的竹種有綠竹(*Bambusa oldhami*)、烏腳綠竹(*Bambusa edulis*)、竹變(*Bambusa beecheyana* Munro var. *pubescens*)、麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*)、巨竹(*Dendrocalamus giganteus*)、孟宗竹(*Phyllostachys pubescens*)、桂竹(*Phyllostachys makinoi*)以及石竹(*Phyllostachys lithophila*)等 8 種(陳文雄等 2002)。其中石竹係臺灣特有種，主要分布於臺灣中部及北部地區，海拔高介於 150-1,500 m 之間，以嘉義縣阿里山奮起湖、石棹一帶分布最多，林喻東等人(2003)調查民有林主經營竹林狀況發現，奮起湖地區受訪者中有 98%竹農栽植石竹，且普遍認為石竹筍為奮起湖之重要特產。石竹竹稈肉厚，材質強韌具彈性，適合做建築、家具、農具等器皿，早期將其竹材應用於製做轎桿，故又稱轎篙竹。石竹筍發筍期約在 4-5 月，其筍肉較厚且味道鮮美，除可直接食用外亦可製成桶筍，近年來隨著觀光休閒事業興盛，亦提供鋁箔真空包裝石竹筍供遊客採購。過去對於臺灣經濟竹類之研究多集中於綠竹、麻竹、孟宗竹及桂竹等，關於石竹之研究則較為稀少，因此本研究以嘉義縣阿里山石棹石竹林為調查對象，藉由了解石竹之林分結構、竹稈生長及生物量累積狀況，期能做為石竹林生長的基礎資料，提供未來石竹林經營管理之參考依據。

### 方法

本試驗選擇嘉義縣阿里山石棹一私有經營之石竹產筍林，座標位置 TWD97 (217209, 2597706)，海拔高約 902 m，進行調查，於 2016 年 2 月在石竹林內劃設 3 個 10×10 m 的正方形樣區進行每竹調查，調查項目包括胸徑、竹高、枝下高、竹齡等生長性狀。依據每竹調查結果，進行胸徑頻度分析，於樣區外分別以分層取樣選擇 15 株不同胸徑大小之健康樣竹，建立生物量乾重關係之迴歸式，藉以推估石竹林分之地上部生物量乾重。

---

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

\* 通訊作者，E-mail: thchen@tfri.gov.tw。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所森林經營組，10066 臺北市南海路 53 號。

## 結果與結論

本研究調查阿里山石棹石竹的林分結構與生長狀況如表 1 所示，石竹林分密度為  $10,567 \pm 1,553$  株  $\text{ha}^{-1}$ ，依不同齡級林分密度比較，2 年生為  $1,533 \pm 473$  株  $\text{ha}^{-1}$  (14.51%)，所佔比例最低，3 年生為  $3,600 \pm 1,480$  株  $\text{ha}^{-1}$  (34.07%) 次之，4 年生及以上為  $5,433 \pm 603$  株  $\text{ha}^{-1}$  (51.42%)，值得注意的係 4 年生及以上之老竹於本次調查中佔了一半以上，明顯高於 2 年生及 3 年生竹子。

石竹生長性狀調查結果顯示，竹桿平均胸徑為  $7.3 \pm 1.3$  cm，平均竹高為  $14.9 \pm 1.9$  m，平均枝下高為  $7.7 \pm 1.6$  m，各齡級比較結果發現，2 年生的幼竹於平均胸徑、平均竹高與平均枝下高皆低於 3 年生、4 年生及以上之老竹，並於統計上呈現顯著差異(表 1)，進一步分析竹桿徑級特性(圖 1)，其竹桿徑級以 7.0-7.9 cm 者最多，佔 36.3%，其次為 8.0-8.9 cm，佔 24.3%，超過 60% 竹桿位於此二徑級中，由圖 1 胸徑頻度分布圖顯示，其分布主峰偏向右側，因此為左偏分布(left-skewed distribution)。

表 1. 石棹石竹林林分結構及生長狀況

| 齡級(年) | 項目 | 林分密度<br>(株 $\text{ha}^{-1}$ )                  | 平均胸徑<br>(cm)    | 平均竹高<br>(m)      | 平均枝下高<br>(m)    |
|-------|----|--|-----------------|------------------|-----------------|
| 2     |    | $1,533 \pm 473^{a1)}$<br>(14.51) <sup>2)</sup> | $6.5 \pm 1.6^a$ | $14.2 \pm 1.9^a$ | $6.7 \pm 1.6^a$ |
| 3     |    | $3,600 \pm 1,480^b$<br>(34.07)                 | $7.0 \pm 1.2^b$ | $14.8 \pm 1.7^b$ | $7.5 \pm 1.4^b$ |
| 4 及以上 |    | $5,433 \pm 603^b$<br>(51.42)                   | $7.7 \pm 1.1^c$ | $15.1 \pm 1.9^b$ | $8.1 \pm 1.6^c$ |
| 總計    |    | $10,567 \pm 1,553$<br>(100)                    |                 |                  |                 |
| 平均    |    |  | $7.3 \pm 1.3$   | $14.9 \pm 1.9$   | $7.7 \pm 1.6$   |

<sup>1)</sup> 平均值 $\pm$ 標準差。ANOVA 分析，相同字母表示在  $\alpha=0.05$  之顯著水準下，無顯著差異。

<sup>2)</sup> 括弧裏為調查各齡級株數占總調查樣木之百分比。

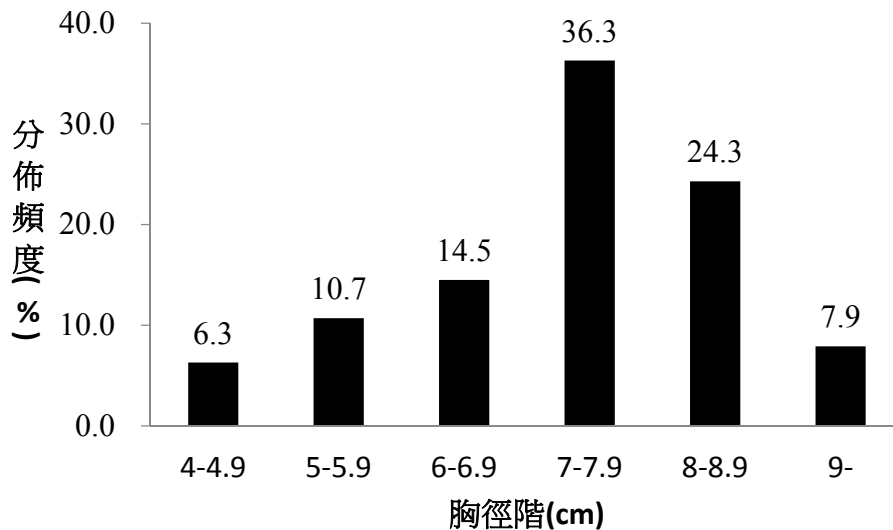


圖 1. 石竹林不同胸徑級之頻度分布

本研究伐採 15 株樣竹，計算小樣本之乾鮮比，換算各樣竹地上部生物量乾重，再將樣竹胸徑分別與竹稈、枝條、葉子及地上部總生物量乾重進行迴歸分析，其得到迴歸式如下：

$$\text{稈生物量乾重} : y = 0.262x^2 - 0.3771x - 1.6593 \quad R^2 = 0.9426$$

$$\text{枝生物量乾重} : y = -0.0192x^2 + 0.4972x - 1.3237 \quad R^2 = 0.6799$$

$$\text{葉生物量乾重} : y = -0.0098x^2 + 0.2103x - 0.572 \quad R^2 = 0.3526$$

$$\text{地上部生物量乾重} : y = 0.2436x^2 + 0.2221x - 3.2951 \quad R^2 = 0.9394$$

其中， $x$ =樣竹胸徑， $y$ =各部位生物量乾重。

由於樣竹胸徑推估葉子生物量的迴歸係數較低，因此葉子生物量係以地上部總生物量乾重扣除竹稈及枝條的生物量乾重計算，其結果如表 2 所示。

本試驗地地上部總生物量乾重為  $124.4 \pm 27.8 \text{ ton ha}^{-1}$ ，其中竹稈生物量乾重為  $106.1 \pm 24.3 \text{ ton ha}^{-1}$ ，佔 85.3%；枝條生物量乾重為  $13.2 \pm 2.5 \text{ ton ha}^{-1}$ ，佔 10.6%；葉子生物量乾重為  $4.5 \pm 0.9 \text{ ton ha}^{-1}$ ，僅佔 4.1%。如從不同齡級地上部生物量分布來看，2 年生總生物量乾重為  $13.8 \pm 3.9 \text{ ton ha}^{-1}$ ，佔 11.1%；3 年生總生物量乾重為  $38.6 \pm 17.8 \text{ ton ha}^{-1}$ ，佔 31.1%；4 年生及以上總生物量乾重為  $72.0 \pm 16.0 \text{ ton ha}^{-1}$ ，佔 57.9%，4 年生及以上之老竹無論在稈、枝、葉及地上部生物量乾重上皆明顯高於 2 年生與 3 年生之竹子。

表 2. 石棹石竹林各齡級竹稈、枝、葉及總生物量乾重

| 齡級(年) | 稈<br>(ton ha <sup>-1</sup> ) | 枝<br>(ton ha <sup>-1</sup> ) | 葉<br>(ton ha <sup>-1</sup> ) | 地上部合計<br>(ton ha <sup>-1</sup> )           |
|-------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| 2     | 11.6±3.3 <sup>a1)</sup>      | 1.6±0.4 <sup>a</sup>         | 0.6±0.2 <sup>a</sup>         | 13.8±3.9 <sup>a</sup> (11.1) <sup>2)</sup> |
| 3     | 32.7±15.1 <sup>a</sup>       | 4.3±1.9 <sup>b</sup>         | 1.6±0.7 <sup>a</sup>         | 38.6±17.8 <sup>a</sup> (31.1)              |
| 4 及以上 | 61.8±14.3 <sup>b</sup>       | 7.3±1.2 <sup>c</sup>         | 2.9±0.5 <sup>b</sup>         | 72.0±16.0 <sup>b</sup> (57.9)              |
| 總計    | 106.1±24.3<br>(85.3)         | 13.2±2.5<br>(10.6)           | 4.5±0.9<br>(4.1)             | 124.4±27.8(100)<br>(100.0)                 |

<sup>1)</sup> 平均值±標準差。ANOVA 分析，相同字母表示在  $\alpha=0.05$  之顯著水準下，無顯著差異。

<sup>2)</sup> 括弧裏為各齡級及各部位生物量乾重與地上部生物量乾重之百分比。

綜合上述結果，2 年生之幼竹於株數頻度及各項生長性狀上皆較低，顯示有生長衰退之現象，分析各齡級地上部生物量乾重發現 4 年生及以上佔了一半以上，顯示石棹石竹林老齡竹過多，新生竹過少，應積極進行老竹伐採等經營管理，以提高新生竹生產力。

## 引用文獻

林喻東、葉文和、陳民安 (2003) 民營林主從事竹林疏伐意願之研究—以鹿谷地區及奮起湖地區為例。林業研究季刊 25(3): 107-120。

陳文雄、鄭安秀、黃和炎、張煥英、陳昇寬 (2002) 植物保護技術專刊—竹筍篇。行政院農委會動植物防疫檢疫局植物保護技術專刊系列 3。

## 雜交麻瘋樹的生長表現及初步選拔

馬復京<sup>1)\*</sup> 何政坤<sup>1)</sup> 張淑華<sup>1)</sup> 顧文君<sup>2)</sup> 游漢明<sup>3)</sup> 黃冬梨<sup>4)</sup> 謝勝國<sup>4)</sup>

### 緒言

麻瘋樹(*Jatropha curcas*)為大戟科(Euphorbiaceae)麻瘋樹屬(*Jatropha* genus)多年生落葉灌木或小喬木，原產於中美洲。麻瘋樹種仁(kernel)含油率可達 50%以上，一般在 40~50%之間，目前栽培的麻瘋樹遺傳多樣性不高，據 Zhang 等人(2011)的研究整個東亞到印度地區麻瘋樹的遺傳相似性在 0.90 顯示較低的遺傳多樣性，屬遺傳多樣性低的族群。因此在麻瘋樹育種的過程中透過種源單株的選育外，另外便是利用麻瘋樹屬中近源植物進行種間雜交育種(Rupert et al. 1970, Parthiban et al. 2009)，期望透過雜交授粉引入優良的遺傳特性如抗冷、抗(耐)病因子，再結合麻瘋樹的高油及多產的特性，培育出新的麻瘋樹品系。然而目前的育種成果有限，除了傳統的育種手段外，以生物技術(biotechnology)介入麻瘋樹的改良及育種也是當前快速發展的技術(Sujatha et al. 2008)，組培(tissue culture)可以補足傳統育種上的缺憾，尤其在雜交授粉後胚敗育的現象，可藉由胚拯救(embryo rescue)將種子胚、子房等在培養基中培育成熟或誘導體胚(somatic embryo)的形成。Mohan 等人(2011)以控制授粉的麻瘋樹種子進行胚培養，發現授粉 45-90 天的未熟胚都可以用胚培養培育出小苗。不但增加了雜交育種的成功率，也縮短了傳統雜交育苗的時程，在短期內生產大量苗以供栽培或後續育種材料，為目前科技育種非常必要且實用的技術。麻瘋樹雖稱耐貧瘠，但不耐寒冷及水澇，此外麻瘋樹種子苗開花結實成熟期較長，種子發芽後約 18~24 個月才開花。林試所於 2008 年開始進行麻瘋樹雜交研究，目前已在 ♀ 麻瘋樹與 ♂ 琴葉麻瘋樹(*J. integerrima*)雜交上取得初步成果，部分雜交第一代 F<sub>1</sub> 及第二代 F<sub>2</sub> 均具有父本的早花特性，此外琴葉麻瘋樹屬灌木(shrub)，為多分枝樹木沒有明顯主幹，先期的觀察其根系亦具耐水澇能力，而雜交種子苗在栽植 4~8 個月後即可開花結實，但雜交 F<sub>1</sub> 果實結實較小，而回交麻瘋樹後的 F<sub>2</sub> 果實形態則有改善，且具早花矮生潛力。本研究目的除進行麻瘋樹種間雜交育種外，並建立野外監測試區探討

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 台北市南海路 53 號。

\* 通訊作者，E-mail: ma@tfri.gov.tw。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所森林化學組，10066 台北市南海路 53 號。

<sup>3)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所集水區經營組，10066 台北市南海路 53 號。

<sup>4)</sup> 台灣中油股份有限公司綠能科技研究所，81126 高雄市楠梓區左楠路 2 號。

雜交麻瘋樹品系之生長特性，期望選育出具優良地區適應性之矮性早花之雜交麻瘋樹品系，以期持續生質能產業的發展。

## 方法

### 一、麻瘋樹種間雜交苗 F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>、F<sub>5</sub> 世代的雜交及回交作業

以麻瘋樹(*J. curcas*)為♀親本，琴葉麻瘋樹(*J. integerrima*)為♂親本，進行雜交試驗，初期先取得♀麻瘋樹×♂琴葉麻瘋樹得到 F<sub>1</sub> 子代，並以 F<sub>1</sub> 再與♂麻瘋樹或♂琴葉麻瘋樹回交取得 F<sub>2</sub> 子代，爾後再以雜交 F<sub>1</sub> 與雜交 F<sub>2</sub>，兩者間進行回交或互交取得 F<sub>3</sub> 子代，而 F<sub>4</sub> 子代，則由雜交所獲得之 F<sub>3</sub> 子代，再與 F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub> 等子代進行回交或互交，育成 F<sub>4</sub> 世代；雜交所獲得之 F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub> 子代，再與 F<sub>4</sub> 進行回交或互交育成 F<sub>5</sub> 世代，如此陸續育成 F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>、F<sub>5</sub> 世代雜交麻瘋樹子代。

二、2014 年 3 月~10 月雜交授粉育苗之雜交麻瘋樹，於 2015 年 7 月 10 日栽植於嘉義試區，合計 F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>、F<sub>5</sub> 各世代共 27 株，行株距為 2×2m 即每公頃 2500 株。樣區每 2~3 週澆水 1 次。2015 年 8 月至 2016 年 6 月止，每 2 個月施肥(台肥 43 號)1 次，每次 100g/株，2016 年 1 月至 4 月則停止施用。每 30~50 天視雜草高度刈草 1 次。

三、自雜交苗木開花結實起，量測雜交苗第一次著花高度位置，及初級(primary)側枝與主幹之夾角，每 2 週收集成熟果實，風乾後量測果實之稔實率，種子乾重及種子形態大小(長×寬×厚)，並進行種實產量評估。

四、收集風乾雜交麻瘋樹種子，脫殼後之種仁以 60°C 烘乾 24 小時，以正己烷萃取後，將萃取液以真空濃縮機濃縮後，於 60°C 烘箱內，烘乾 24 小時，去除殘存溶劑，評估種子(仁)的含油率。

五、綜合評估，以雜交世代 1.樹高表現；2.開花成熟期；3.種子產量；4.種仁含油率；5.種實稔實率等進行評估，表現最佳者給予最高分，但樹高生長及開花結實期則以最矮及最早者給予最高分，表現相同者，則給予同分，綜合各項得分，評選出優良性佳的雜交麻瘋樹單株。

## 結果與討論

2014 年 3 月~10 月育苗之雜交麻瘋樹於 2015 年 7 月 10 日栽植於嘉義樣區，部分雜交麻瘋樹單株於 2015 年 10 月即開始開花結實，其中 F<sub>1</sub> 世代至 2016 年 6 月止，只開花

而未能成功結實，其他世代則陸續開花結實。栽植 11 個月期間，雜交麻瘋樹植株呈現較麻瘋樹為矮的第一次開花高，平均高度在 111cm 以下，且開花期較早，即在栽植後 4 個月(120 天)內即已開花結實。此外，由初級枝的平均數量可知雜交麻瘋樹朝灌木形態發展的趨勢，可見大部分雜交麻瘋樹已具有琴葉麻瘋樹矮性及早花特性(表 1)。初步選拔出的雜交麻瘋樹世代分別為 F<sub>2</sub> 1 株、F<sub>3</sub> 3 株、F<sub>4</sub> 4 株共 8 個單株，其植株也呈現多分枝的灌叢型態。經由種子產量的評估，以 F<sub>4</sub> 世代之(♀ F<sub>2</sub>A× ♂ HYB)開放(自然)授粉(open pollination)的單株具有最高的種子產量，其 6 次收量估計每公頃有 600kg 的產量(表 2)，其次為 ♀ HYB× ♂ Y32 單株(F<sub>2</sub> 世代)的種子產量，估計每公頃為 414kg，為具有高產潛力的雜交麻瘋樹。

雜交世代的單株的生長表現，則以 F<sub>4</sub> 4-3 號有最低的樹高生長，其開花結實也較早，自 2014 年 9 月 16 日種子發芽至 2015 年 11 月止即已開花結實，開花成熟期約 12 個月，遠較麻瘋樹 18-24 個月的開花齡提早至少 6 個月。而 F<sub>3</sub> 3-4 號的開花成熟期更只有 11 個月(2014 年 10 月 26 日發芽)。

就種子的平均單粒重量及形態(長×寬×厚)而言，各個雜交世代平均重量在 0.3±0.1~0.6±0.1g 之間，種子形態則在 14.6×9.2×8.0 到 18.2×10.5×8.9 mm 之間，與麻瘋樹的種子重量及形態比較則稍偏低，而一般麻瘋樹種子重量及形態在 0.45±0.15g 及 16.25×10.85×8.52 mm。但入選的 8 個雜交單株的表現均已達到麻瘋樹種子的水準，除 F<sub>4</sub> 3-4 號略低外。然種子形態及重量受到環境因素的影響較大，因此雜交麻瘋樹的種子表現仍待後續的觀察再來確認。

從各雜交世代種實的稔實率來看，以 F<sub>3</sub> 世代有較高平均的稔實率，平均在 67±26%，其他世代分別為 F<sub>2</sub> 53±27%、F<sub>4</sub> 59±26%、F<sub>5</sub> 54±33%。而從單株的表現則以 F<sub>2</sub> 世代 2-3 號有最佳的稔實率高達 75±16%，其次是 F<sub>4</sub> 4-5 號也有 73±26%的稔實率。稔實率的表現除了遺傳的因子外，開花授粉的環境及授粉昆蟲也是影響因子，因此仍需進一步觀察來確認。就初步選拔的 8 個雜交世代單株種實的含油率分析結果以 F<sub>4</sub> 4-3 號有最高的種仁含油率達到 49.96%，其次是 2-3 號的 45.97%表現突出，其種仁含油率表現並不亞於麻瘋樹。

就 8 個初步選拔出來之雜交麻瘋樹進行綜合評分的結果如表 4，以 F<sub>4</sub> 3-2 號雜交麻瘋樹評分 29 分最高，排序第 1 名，以果實稔實率及種子產量得分最多，開花成熟期次佳。F<sub>2</sub> 2-3 號評分 27 分排序第 2，以果實稔實率、種子量產及種仁含油率得分最佳，且種仁含油率較 F<sub>4</sub> 3-2 高出 1.8%，F<sub>4</sub> 4-3 號評分 26 分排序第 3，主要在樹高、開花成熟期

及種仁含油率得分最佳，展現矮生早花的特性，而種仁含油率達 49.96%是 8 個人選單株中表現最為突出者，含油率高出排序 2 的 F<sub>2</sub> 2-3 號 3.99%，但是種實稔實率及種子產量在 8 個單株中評分均低，顯示還有育種的必要來改善它的缺點。目前只有近 1 年的調查結果，各個單株的表現並未穩定，還待後續的觀察再做評估。

表 1. 嘉義試區 F<sub>1</sub>~F<sub>5</sub> 雜交麻瘋樹之生長表現

| 雜交世代           | 株數 | 平均樹高<br>(cm) | 花色    | 第 1 次著花<br>位置高度(cm) | 平均分叉<br>角度(°) | 初級枝<br>平均數 |
|----------------|----|--------------|-------|---------------------|---------------|------------|
| F <sub>1</sub> | 5  | 242.0±5.7    | 白~粉紅  | 80.0±19.9           | 50.2±8.4      | 4.4±2.0    |
| F <sub>2</sub> | 5  | 189.8±29.3   | 粉紅~白  | 102.1±17.4          | 47.4±15.0     | 5.0±3.2    |
| F <sub>3</sub> | 4  | 162.5±22.1   | 白     | 111.2±28.6          | 38.7±12.5     | 8.2±3.5    |
| F <sub>4</sub> | 9  | 157.1±30.5   | 白~淡粉紅 | 82.4±35.2           | 45.9±14.6     | 6.1±2.0    |
| F <sub>5</sub> | 4  | 149.7±20.8   | 白     | 68.8±15.6           | 37.2±4.7      | 5.7±2.5    |

註：第 1 次著花位置高度是指苗木達到成熟開花期後第 1 次著花位置的高度。初級枝(primary branch)是指從主幹萌生的側枝。

表 2. 嘉義試區雜交麻瘋樹初步選拔之種實產量

| 雜交組合                                  | 栽植日期      | 2015 NOV |        | 2015 DEC |        | 2016 JAN |        | 2016 FEB |        | 2016 MAR |        | 2016 JUN |        | Est (kg/ha)<br>2500 株 | 世代             | 排序 |
|---------------------------------------|-----------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|-----------------------|----------------|----|
|                                       |           | seeds    | Wt.(g) | seeds    | Wt.(g) | seeds    | Wt.(g) | seeds    | Wt.(g) | seeds    | Wt.(g) | seeds    | Wt.(g) |                       |                |    |
| 2-3<br>♀HYB×♂Y32                      | 103/9/5   | 51       | 57.8   | 94       | 117.6  | 66       | 77.7   | 95       | 89.8   | 15       | 11.8   | 53       | 59.4   | 414                   | F <sub>2</sub> | 2  |
| 3-2<br>(♀F <sub>2</sub> A×♂HYB)<br>OP | 103/9/8   | 209      | 266.3  | 155      | 157.3  | -        | -      | 50       | 42.2   | 18       | 16.2   | 90       | 118.0  | 600                   | F <sub>4</sub> | 1  |
| 3-3<br>(♀JM66×♂Y34)<br>OP             | 103/8/4   | -        | -      | 117      | 172.0  | -        | -      | -        | -      | 41       | 52.1   | 2        | 3.5    | 227.6                 | F <sub>3</sub> | 6  |
| 3-4<br>(♀JM66×♂Y34)<br>OP             | 103/10/26 | 49       | 51.5   | 84       | 78.0   | 26       | 15.2   | 46       | 23.9   | 16       | 11.2   | 48       | 39     | 218.8                 | F <sub>3</sub> | 7  |
| 3-5<br>(♀JM66×♂Y34)<br>OP             | 103/9/16  | 35       | 50.1   | 103      | 137.6  | 30       | 35.6   | 23       | 22.8   | 37       | 44.9   | -        | -      | 291.0                 | F <sub>3</sub> | 3  |
| 4-1<br>♀F <sub>3</sub> 1025×♂<br>Y34  | 103/5/9   | -        | -      | 28       | 33.9   | -        | -      | -        | -      | 33       | 32.3   | 168      | 176.6  | 242.8                 | F <sub>4</sub> | 5  |
| 4-3<br>(♀HY1015×♂C)<br>OP             | 103/9/16  | 102      | 126.5  | 14       | 16.5   | 9        | 9.39   | 33       | 29.7   | 1        | 2.6    | 6        | 6.9    | 192.1                 | F <sub>4</sub> | 8  |
| 4-6<br>♀HYB×♂F <sub>3</sub> A         | 103/9/6   | 12       | 14.9   | 118      | 153.4  | 47       | 56.2   | 49       | 51.9   | 10       | 8.9    | 7        | 4.9    | 290.2                 | F <sub>4</sub> | 4  |

表 3. 初步入選 8 個雜交麻瘋樹單株綜合評分

| 雜交世代               | 樹高<br>評分 | 開花成熟期<br>評分 | 稔實率<br>評分 | 種子產量<br>評分 | 種仁含油率<br>評分 | 綜合<br>評分 | 排序 |
|--------------------|----------|-------------|-----------|------------|-------------|----------|----|
| F <sub>2</sub> 2-3 | 1        | 4           | 8         | 7          | 7           | 27       | 2  |
| F <sub>4</sub> 3-2 | 3        | 6           | 7         | 8          | 5           | 29       | 1  |
| F <sub>3</sub> 3-3 | 7        | 3           | 4         | 3          | 3           | 20       | 6  |
| F <sub>3</sub> 3-4 | 6        | 8           | 6         | 2          | 2           | 24       | 4  |
| F <sub>3</sub> 3-5 | 1        | 7           | 3         | 6          | 6           | 23       | 5  |
| F <sub>4</sub> 4-1 | 5        | 1           | 5         | 4          | 4           | 19       | 7  |
| F <sub>4</sub> 4-3 | 8        | 7           | 2         | 1          | 8           | 26       | 3  |
| F <sub>4</sub> 4-6 | 4        | 5           | 1         | 5          | 1           | 16       | 8  |

## 結論

- 一、以麻瘋樹為母本親本，琴葉麻瘋樹為父本親本的雜交育種，再透過回交母親本(麻瘋樹)，可以達到育成矮生早花的雜交麻瘋樹品系，並可增加雜交世代的種子產量。
- 二、就各個單株的表現，需要更仔細的選擇適當的親本(單株)，育成矮生早花高產且高含油率的目標品系。
- 三、入選之雜交組合單株，需要進行地區性試驗，以確認其對環境適應性。

## 引用文獻

- Mohan N, Nikdad S, Singh G. (2011)** Studies on seed germination and embryo culture of *Jatropha curcas* L. under in vitro conditions. *Biotechnol Bioinf Bioeng* 1(2): 187-194.
- Parthiban KT, Kumar RS, Thiyagarajan P, Subbulakshmi V, Vennila S, Rao MG. (2009)** Hybrid progenies in *Jatropha* - a new development. *RESEARCH COMMUNICATIONS* 96:815-823.
- Rupert EA, Dehgan B, Webster GL. (1970)** Experimental studies of relationships in the genus *Jatropha*. I. *J. curcas* x *integerrima*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 97:321-325.
- Sujatha M, Reddy TP, Mahasi MJ. (2008)** Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis* L.) and *Jatropha curcas* L. *Biotechnology Advances* 26:424-435.
- Zhang Z, Guo X, Liu B, Tang L, Chen F. (2011)** Genetic diversity and genetic relationship of *Jatropha curcas* between China and Southeast Asian revealed by amplified fragment length polymorphisms. *African Journal of Biotechnology* 10:2825-2832.

## 花蓮兆豐地區造林劣化地復育研究

彭炳勳<sup>1)</sup> 邱志明<sup>1)\*</sup>

### 緒言

花蓮縣兆豐農場外圍溪埔地區，從民國 81 年起受政府獎勵農地造林政策下，開始大面積農地更新造林。由於土地原為河川新生地，係經引水放淤累積而成，故含砂石量多、土壤貧瘠，加上地處風衝河口地帶、易受颱風干擾影響，致造林木不容易成林。過去曾栽種不許多樹種(福木、馬拉巴栗、麵包樹、直幹相思樹等)，雖屢有補植或以混合林方式種植，但林木成活率並不高。本研究為提高農平地造林成活率、生長與碳吸存效應，提出復育更新與撫育的策略，自民國 99 年起，以兆豐農場局部之造林地為試驗地，進行造林劣化地(成活株樹 150 株/ha 以下)栽植作業，更新價值較高或速生之經濟樹種及符合生育地環境之樹種，營造成混合林及複層林，對於更新苗木進行定期撫育作業(施肥、除草、灌溉等)，持續監測造林地的存活率與生長量變化，以期能提出適於本區域栽植及生長良好的樹種，作為此地區造林失敗地復育更新及增進生態環境、遊憩及植林減碳效益之參考。

### 方法

兆豐農場外圍溪埔地區更新造林面積達 500 多公頃，為瞭解不良農地造林地概況，本研究於林分密度低於 150 株/ha 以下的區域共設置 5 個地面樣區，樣區大小為 0.125 ha (50×25 m<sup>2</sup>)，樣區內進行除草、整地、施肥，於林下或空隙地栽植泡桐、杜英、光蠟樹、台灣檫、烏心石、相思樹等 6 種樹種進行適宜樹種栽植存活率及生長試驗，每樹種栽植 4 行，株距 2 m，行距約 3.5 m，總計每公頃栽種 1,306 株苗木。並將試驗地分為施肥區域及未施肥區域兩種處理，比較施肥處理是否能提升苗木存活率及生長，期望能自上述原生經濟價值較高或速生之經濟樹種，篩選出符合該生育地環境之樹種，營造成混合及複層林，以提升邊際農地生產力，增進生態、遊憩及植林減碳效果。

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所森林經營組，10066 台北市南海路 53 號。

\* 通訊作者，E-mail: cmchiu@tfri.gov.tw。

## 結果與結論

### 一、造林劣化地樣區現況

劣化地復育研究樣區新植苗木目前 5 年生，共計進行 5 次調查，目前林分組成為台灣欒平均胸徑為 3.19 cm，平均樹高為 3.46 m；光蠟樹平均胸徑為 5.66 cm，平均樹高為 5.01m；杜英平均胸徑為 5.32 cm，平均樹高為 3.80 m；相思樹平均胸徑為 7.34 cm，平均樹高為 5.67 m；烏心石平均胸徑為 3.15 cm，平均樹高為 3.23 m，總計每公頃 545 株(台灣欒 186 株/ha、相思樹 181 株/ha、光蠟樹 131 株/ha、杜英 34 株/ha、烏心石 13 株/ha)，如下表所示。

表1. 劣化地樣區5種造林樹種立木度林分結構及組成狀況(105年調查結果)

| 樹種  | 株數<br>/ha | DBH (cm) |      |      |      | Ht (m) |      |      |      |
|-----|-----------|----------|------|------|------|--------|------|------|------|
|     |           | 最大值      | 最小值  | 平均   | 標準差  | 最大值    | 最小值  | 平均   | 標準差  |
| 台灣欒 | 186       | 6.50     | 1.00 | 3.19 | 1.11 | 5.00   | 1.50 | 3.46 | 0.73 |
| 相思樹 | 181       | 13.90    | 1.00 | 7.34 | 2.34 | 8.20   | 2.00 | 5.67 | 1.29 |
| 光蠟樹 | 131       | 11.90    | 1.30 | 5.66 | 2.57 | 8.20   | 1.90 | 5.01 | 1.58 |
| 杜英  | 34        | 11.00    | 1.30 | 5.32 | 2.64 | 6.80   | 1.40 | 3.80 | 1.31 |
| 烏心石 | 13        | 6.40     | 1.00 | 3.15 | 1.63 | 6.00   | 2.00 | 3.23 | 1.48 |

以變異數分析法(ANOVA)檢定 5 種樹種在 DBH 及樹高的差異，則不同樹種間 DBH ( $F=17.73$ 、 $P<.0001$ )、樹高( $F=11.88$ 、 $P<.0001$ )達顯著差異，續以 Tukey 檢定 5 種樹種 DBH 及樹高的差異及生長情形，以相思樹生長情形最佳，其次為光蠟樹及杜英，最低為台灣欒及烏心石。(以 Tukey 檢定排列樹種間顯著差異)

### 二、劣化地樣區 6 種造林樹種之適宜性存活率分析

本研究於樣區林下或空隙地，採行列栽種台灣欒、光蠟樹、杜英、泡桐、相思樹及烏心石等 6 種樹種共 816 株(每公頃 1,306 株苗木)，監測不同苗木生長及存活率變化，依歷次調查結果，6 種樹種的總體平均存活率由 100%下降為 41.7%，其中台灣欒、相思樹及光蠟樹存活率可達 60%以上，杜英(存活率 15.4%)、烏心石(存活率 5.9%)、泡桐(存活率 0%)存活率偏低或全部枯死。

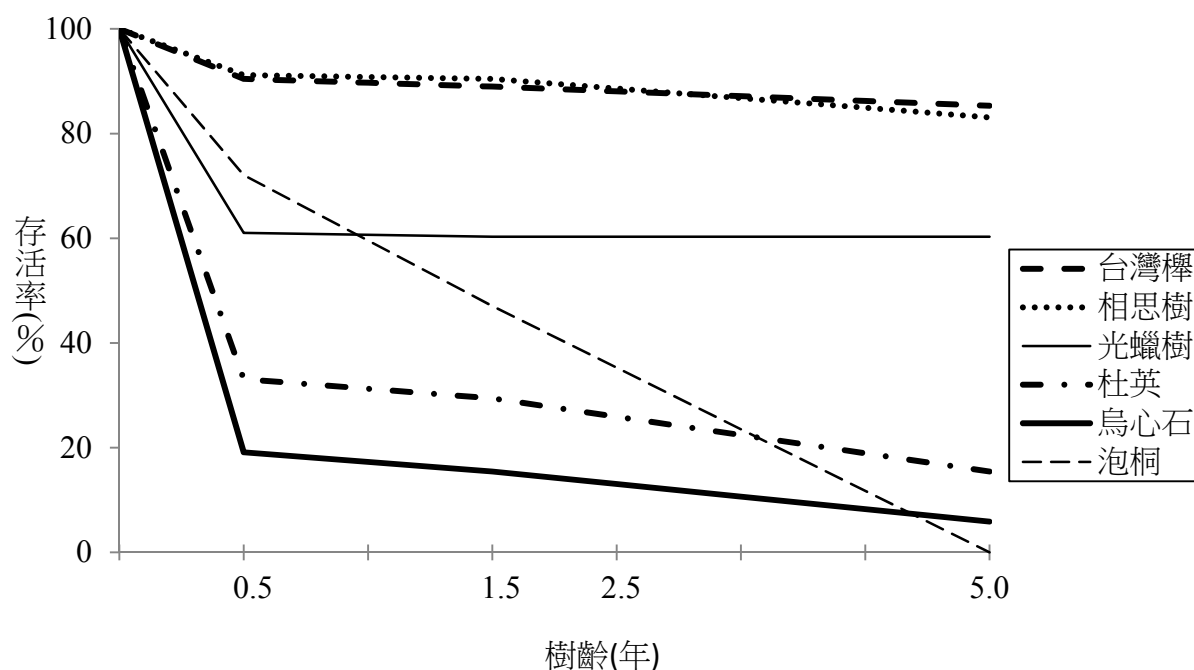


圖 1. 劣化地樣區 6 種造林苗木歷年成活曲線

以 ANOVA 檢定 5 種樹種在不同樣區中的存活率表現差異，得知樹種間的存活率 ( $F=18.87$ 、 $p < .0001$ ) 達顯著差異，續以 Tukey 檢定存活率的差異，則以台灣檫、相思樹存活率最佳，其次為光蠟樹，最低為杜英及烏心石。(以 Tukey 檢定排列樹種間顯著差異)

### 三、施肥效益對於造林木存活率分析

本研究為了解施肥處理能否提高存活率，樣區中進行施肥及未施肥 2 種處理，施肥試區於整地挖掘植穴時，每植穴施用 2kg 木漿牌有機質肥料 7 號，平均撒播土面，混耕於植穴土壤中，歷次調查顯示，施肥處理於 0.5 年生苗木(100 年 11 月)時，6 種樹種存活率經 T 檢定為無顯著性差異；於苗木 1.5 年生(101 年 11 月)進行調查，僅泡桐經施肥處理之存活率達顯著差異( $P < 0.05$ )，但泡桐平均存活率僅 47.1%，其他樹種經 T 檢定皆無顯著差異；至苗木 5 年生(105 年 4 月)調查結果，台灣檫、相思樹在施肥與未施肥的處理均有 80% 以上的存活率，光蠟樹介於 60% 上下，烏心石與杜英的存活率與上次調查相比仍持續下降，泡桐已全數死亡，經 T 檢定分析結果，施肥處理對於 5 樹種的存活率無顯著差異，續以 ANOVA 檢定，施肥處理對於胸徑、樹高、存活率無顯著差異。

表 2. 劣化地樣區 6 種造林苗木之成活率變化

| 樹種     | 100 年 5 月 | 100 年 11 月 | 101 年 11 月 | 102 年 11 月 | 105 年 4 月 |
|--------|-----------|------------|------------|------------|-----------|
| 泡桐(N)  | 100       | 71.7       | 36.7       | 27.5       | 0.0       |
| 泡桐(Y)  | 100       | 72.4       | 55.3       | 41.4       | 0.0       |
| 相思樹(N) | 100       | 91.7       | 90.0       | 88.8       | 85.0      |
| 相思樹(Y) | 100       | 90.8       | 90.8       | 88.5       | 81.6      |
| 烏心石(N) | 100       | 11.7       | 10.0       | 8.8        | 5.0       |
| 烏心石(Y) | 100       | 25.0       | 19.7       | 16.4       | 6.6       |
| 杜英(N)  | 100       | 25.0       | 20.0       | 17.9       | 11.7      |
| 杜英(Y)  | 100       | 39.5       | 36.8       | 32.2       | 18.4      |
| 台灣欒(N) | 100       | 91.7       | 88.3       | 87.1       | 83.3      |
| 台灣欒(Y) | 100       | 89.5       | 89.5       | 88.8       | 86.8      |
| 光蠟樹(N) | 100       | 60.0       | 58.3       | 58.3       | 58.3      |
| 光蠟樹(Y) | 100       | 61.8       | 61.8       | 61.8       | 61.8      |

(註：Y 為經施肥處理；N 為未經施肥處理)

## 結論

花蓮兆豐地區造林劣化地經本研究以 6 種樹種進行復育研究，在生長性狀方面，以相思樹表現最佳，其次為光蠟樹及杜英，台灣欒及烏心石最差，泡桐初期雖有良好生長表現，但土壤礫石含量高，另因水分逆境及強風作用，非本區域建議栽植樹種。在成活率，以台灣欒、相思樹成活率達 80% 以上最高，其次為光蠟樹成活率 60%，杜英、烏心石、泡桐成活率最差，研究結果顯示，本區最適樹種為相思樹，能獲得較高的成活率及生長量，其次台灣欒雖然生長較慢，但成活率高，可為考量樹種，再次為光蠟樹。施肥試驗初期對泡桐有效果，但經過 5 年後，效益不明顯，因立地為河床地，滿布砂石，土壤保水力及肥力之保持最差，因此，泡桐、杜英、烏心石需要立地條件及水分充足之樹種不適合。

## 多納林道崩塌地先驅樹木的更新策略

林文智<sup>1)</sup> 周富三<sup>1)\*</sup>

### 緒言

台灣的山坡極易發生地滑(landslide)的現象，形成崩塌地的景觀，通常是受到地震、颱風帶來的豪雨等自然因素影響。2009 年 8 月 8 日，莫拉克(Morakot)颱風帶來的強風豪雨對台灣本島造成嚴重的災難，特別是中南部地區，位於台灣西南部的林業試驗所六龜研究中心，轄區內 3 條主要林道(扇平林道、鳳崗林道、多納林道)也同時遭到莫拉克颱風的重創，造成多處的斷裂與崩塌，為了要讓崩塌地恢復到有植被覆蓋的穩定狀態，採取生態工法、打樁編柵、撒播造林等不同的手段，然而效果並不顯著；若放任這些裸露的崩塌地隨著時間自然演替，亦可恢復到被森林覆蓋的綠色景觀，這種沒有人為力量介入所形成的森林，被稱為「土地公造林」，採取土地公造林方式不但能節省人力及金錢，而且能讓崩塌地快速地恢復成森林的景觀，但其缺點是先驅樹木在崩塌的分布異質性大，端視土壤種子庫中是否含有種子來決定。因此，本試驗主要目的是探討崩塌地演替早期樹木的生長特性，揭開土地公造林成功之秘，瞭解崩塌地植被的演替過程，並藉由崩塌地樹木之生長特性來篩選出合適的崩塌地造林樹種，此將有利於爾後以人工方式輔助土地公造林，加速崩塌地的恢復。

### 方法

本試驗的崩塌地位於多納林道 8.7 K 處(223212 N, 2532256 E, TWD97)，海拔高度為 938 m，坡向 65 度，平均坡度 25 度，林道貫穿整個崩塌地。此崩塌地原為 24 ha 的台灣杉人工林(造林地號：六-20-74-10)，於 2009 年 8 月 8 日因莫拉克颱風侵襲台灣本島，被強風豪雨及土石流嚴重沖刷了 16.3 ha，與附近其它非造林地相連，形成約 30 ha 大面積裸露的崩塌地，經過這 7 年多的自然演替時間，原本光禿禿的裸露地已經長出許多的草本植物及小樹，呈現裸露地、草生地及森林鑲嵌的景觀，山黃麻是目前崩塌地內最高大的樹木。

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里 198 號。

\* 通訊作者，E-mail: fschou@tfri.gov.tw。

2016年3月期間，在崩塌地中心設置1個50 m x 50 m (0.25 ha)的永久樣區，調查樹木的組成與結構，建立崩塌地演替初期植被的基本資料。凡樣區內胸高直徑達1 cm以上的樹木即編號，並記錄樹木名稱、胸高直徑(DBH)、位置、估測樹高，依據統計法來計算樣區內樹種的重要值指數。並於調查期間，在0.25 ha的永久樣區外選取6種先驅樹：血桐、山芙蓉、山胡椒、山黃麻、白匏子、羅氏鹽膚木，每一種樹木逢機選取4株小苗，測量其地上部分的高度(苗高)，然後挖取其完整的根系，測量其地下部分的長度(根長)，計算每一株小苗根長與苗高的比例。

## 結果與結論

結果顯示永久樣區中共有19種樹木，其中以白匏子最為優勢，重要值指數為45.61%，其次分別為山黃麻(41.2%)、山胡椒(3.58%)、羅氏鹽膚木(2.12%)、賊仔樹(1.95%) (表1)，此5種陽性樹木的重要值總和高達94.46%，樹冠層高度為5-7 m，顯示此崩塌地仍處於演替早期階段。

崩塌地6種先驅樹木之小苗根長與苗高的比例如表2所示，每一種先驅樹木之小苗根長與苗高的比例都有達到10倍以上的單株，其中山芙蓉有高達22倍的樣本，最小比例山胡椒的樣本也有3.2倍，顯示崩塌地演替早期樹木的生長特性是先往下扎根，讓根系可以吸收到土壤中的水分及養分，如此才能適應台灣西南部乾濕季分明的氣候，讓小苗度過半年(10月至隔年的4月)的乾季，然後在雨季來臨時向上生長。

多納林道(8.7 K)崩塌地經過7年的自然演替後，為何人工造林的苗木在崩塌地的存活率低，主要是因為人工造林的苗木地下部分(根長)與地上部分(苗高)的比例低，無法適應長達半年乾季的氣候；反之，崩塌地天然更新的小苗地下部分(根長)與地上部分(苗高)的比例都相當高，此種生長特性才能適應台灣西南部長達半年乾季的氣候，這正是土地公造林成功之秘。當採取土地公造林法(即放任崩塌地自然演替形成森林)後，以陽性樹種為主的森林會反過來改變崩塌地的微氣候，此時若要加快崩塌地森林的演替速度，使其恢復至具有良好水土保持功能的原始天然林，建議可以篩選出合適崩塌地森林演替後期的樹種，利用適當的造林技術來加速崩塌地森林的演替速度，將此造林模式提供其他大型崩塌地復舊造林之參考。

表 1. 崩塌地樹木組成的重要值

| 樹木名稱      | 學名                              | 胸高斷面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 株數  | 相對<br>優勢度 | 相對<br>密度 | IV 值<br>(%) |
|-----------|---------------------------------|-----------------------------|-----|-----------|----------|-------------|
| 白匏子       | <i>Mallotus paniculatus</i>     | 3235.97                     | 561 | 28.32     | 62.89    | 45.61       |
| 山黃麻       | <i>Trema orientalis</i>         | 7081.93                     | 182 | 61.99     | 20.40    | 41.20       |
| 山胡椒       | <i>Litsea cubeba</i>            | 266.57                      | 43  | 2.33      | 4.82     | 3.58        |
| 羅氏鹽膚木     | <i>Rhus javanica</i>            | 305.78                      | 14  | 2.68      | 1.57     | 2.12        |
| 賊仔樹       | <i>Tetradium glabrifolium</i>   | 151.50                      | 23  | 1.33      | 2.58     | 1.95        |
| 佩羅特木      | <i>Perrottetia arisanensis</i>  | 49.12                       | 11  | 0.43      | 1.23     | 0.83        |
| 灣山桂花      | <i>Maesa perlaria</i>           | 21.50                       | 11  | 0.19      | 1.23     | 0.71        |
| 米碎柃木      | <i>Eurya chinensis</i>          | 32.43                       | 9   | 0.28      | 1.01     | 0.65        |
| 白柏        | <i>Triadica cochinchinensi</i>  | 64.02                       | 6   | 0.56      | 0.67     | 0.62        |
| 水錦樹       | <i>Wendlandia uvariifolia</i>   | 18.74                       | 9   | 0.16      | 1.01     | 0.59        |
| 樟葉槭       | <i>Acer albopurpurascens</i>    | 113.10                      | 1   | 0.99      | 0.11     | 0.55        |
| 裏白饅頭果     | <i>Glochidion acuminatum</i>    | 20.93                       | 8   | 0.18      | 0.90     | 0.54        |
| 假赤楊       | <i>Alniphyllum pterospermum</i> | 30.77                       | 4   | 0.27      | 0.45     | 0.36        |
| 黃毛榕       | <i>Ficus esquiroliana</i>       | 13.31                       | 4   | 0.12      | 0.45     | 0.28        |
| 細葉饅頭果     | <i>Glochidion rubrum</i>        | 6.64                        | 2   | 0.06      | 0.22     | 0.14        |
| 裡白椴木      | <i>Aralia bipinnata</i>         | 5.73                        | 1   | 0.05      | 0.11     | 0.08        |
| 豬腳楠       | <i>Persea thunbergii</i>        | 3.14                        | 1   | 0.03      | 0.11     | 0.07        |
| 黃杞        | <i>Engelhardia roxburghiana</i> | 2.27                        | 1   | 0.02      | 0.11     | 0.07        |
| 食茱萸       | <i>Zanthoxylum ailanthoides</i> | 1.33                        | 1   | 0.01      | 0.11     | 0.06        |
| 總和(Total) |                                 | 11424.76                    | 892 | 100       | 100      | 100         |

表 2. 崩塌地 6 種先驅樹木之小苗根長與苗高的比例

| 樹種    | 學名                          | 苗高(cm) | 根長(cm) | 根長/苗高 |
|-------|-----------------------------|--------|--------|-------|
| 血桐    | <i>Macaranga tanarius</i>   | 8      | 132    | 16.5  |
| 血桐    | <i>Macaranga tanarius</i>   | 7.5    | 125    | 16.7  |
| 血桐    | <i>Macaranga tanarius</i>   | 7      | 90     | 12.9  |
| 血桐    | <i>Macaranga tanarius</i>   | 6.5    | 50.5   | 7.8   |
| 山芙蓉   | <i>Hibiscus taiwanensis</i> | 7      | 154    | 22.0  |
| 山芙蓉   | <i>Hibiscus taiwanensis</i> | 7      | 80     | 11.4  |
| 山芙蓉   | <i>Hibiscus taiwanensis</i> | 4      | 33     | 8.3   |
| 山芙蓉   | <i>Hibiscus taiwanensis</i> | 4.5    | 56     | 12.4  |
| 山胡椒   | <i>Litsea cubeba</i>        | 17     | 111.5  | 6.6   |
| 山胡椒   | <i>Litsea cubeba</i>        | 18     | 60     | 3.3   |
| 山胡椒   | <i>Litsea cubeba</i>        | 10.5   | 105    | 10.0  |
| 山胡椒   | <i>Litsea cubeba</i>        | 31     | 100.5  | 3.2   |
| 山黃麻   | <i>Trema orientalis</i>     | 6      | 93     | 15.5  |
| 山黃麻   | <i>Trema orientalis</i>     | 7      | 46     | 6.6   |
| 山黃麻   | <i>Trema orientalis</i>     | 12.6   | 73.5   | 5.8   |
| 山黃麻   | <i>Trema orientalis</i>     | 10.5   | 67.5   | 6.4   |
| 白匏子   | <i>Mallotus paniculatus</i> | 5      | 57     | 11.4  |
| 白匏子   | <i>Mallotus paniculatus</i> | 6.2    | 74     | 11.9  |
| 白匏子   | <i>Mallotus paniculatus</i> | 5      | 30     | 6.0   |
| 白匏子   | <i>Mallotus paniculatus</i> | 17     | 92     | 5.4   |
| 羅氏鹽膚木 | <i>Rhus javanica</i>        | 8      | 98     | 12.3  |
| 羅氏鹽膚木 | <i>Rhus javanica</i>        | 8      | 40     | 5.0   |
| 羅氏鹽膚木 | <i>Rhus javanica</i>        | 16     | 138    | 8.6   |
| 羅氏鹽膚木 | <i>Rhus javanica</i>        | 5      | 48     | 9.6   |

## 引用文獻

林文智、郭耀綸 (2007) 山胡椒、光葉柃木及錐果欒樹苗的生長與生理對不同光環境的反應。作物、環境與生物資訊 4: 297-306。

**Chou FS, Lin WC, Chen YH, Liao CK. (2015)** Monitoring the Vegetation Dynamics of Early Succession Following a Landslide on Shanping Forest Road. *Taiwan J For Sci* 30(4): 217-28.

**Kuo YL, Yeh CL. (2015)** Photosynthetic Capacity and Shade Tolerance of 180 Native Broadleaf Tree Species in Taiwan. *Taiwan J For Sci* 30(4): 229-43.

## 布袋鹽田土壤治理成效對栽植林木生長之影響

蘇冠誠<sup>1)</sup> 何坤益<sup>1)\*</sup>

### 緒言

台灣早期曬鹽產業發達，沿海地區尤其在西南沿海一帶，鹽田土地分布甚多。1980 年代以後隨著產業逐漸式微，曬鹽產業進而走入歷史。然而，因政策問題導致鹽田廢曬之後土地未能有效利用以致淪落為荒廢濕地。荒廢鹽田因早期曬鹽的必要性，其土壤結構特殊，不適合植物生長，故沿海地區的鹽田在荒廢多年後仍鮮少有大型木本植物出現，多為鹽生匍匐或草本植物。而近年來，因西南沿海養殖漁業的興盛，超抽地下水而導致地層下陷、土壤鹽化現象問題嚴重，加上沿海地區風勢強勁，在海岸林衰退的情況下，沿海地區若無高大之木本植物，風害及鹽害可能深及內陸，荒廢鹽田綠化造林更具有其重要性。許多學者曾致力研究荒廢鹽田綠化造林的可行性，以期能改善西南沿海一帶鹽害及風害等狀況並解決荒廢鹽田土地利用的問題。對於此區生育地而言，限制植物在此生長的因子以鹽分、土壤結構及水分逆境為主，其中又以鹽分的影響最重，過去曾有學者提出以原生紅樹林樹種栽植於荒廢鹽田以達綠化造林之目標，但此試驗結果並不理想。本研究主要以嘉義縣布袋荒廢鹽田為主要研究區域，透過 2012 年造林初期試驗計畫結束後至 2016 年期間透過試驗區土壤分析試驗以了解試驗區土壤治理後續成效以及栽植林木生長及生理試驗以了解栽植林木於生育地整治後續生長情況，評估生育地整治手段各項處理之差異，以達日後荒廢鹽田綠化造林之成效。

### 方法

#### 一、試驗樣區位置與設計

本研究試驗樣區位於台灣嘉義縣布袋鎮嘉塹段第 33-35 地號，位於台 17 線道路旁；離海距離約 5.59 km。本研究試驗樣區採裂區設計，首先將土壤底層進行 4 組不同隔離層處理，包括鋪設 PE 塑膠布(厚度 0.5cm)、鹽田廢磚瓦(厚度 10cm)、廢棄蚵殼(厚度 10cm)，及原土對照組。另外，在土壤改良之部分，利用 4 種改良方式(厚度為 50 cm)，分別為客土區(完全客土+有機肥 10%)、半客土區(客土與原土 1:1 混合+有機肥 10%)、擾動

<sup>1)</sup> 國立嘉義大學森林系碩士班 2 年級。嘉義市鹿寮里學府路 300 號。

\* 通訊作者，E-mail: kyho@mail.ncyu.edu.tw。

區(完全原土+有機肥 10%)、原土區(完全原土)，形成每小區 8m\*18m，其隔離層的土壤厚度 50cm，計 16 個小區。

## 二、試驗材料

土壤試驗項目皆以測定各小區土樣之試驗數據為主，共 16 區，每小區以本研究所調查栽植林木之位置劃分取樣點並以隨機亂數取 3 個點，取樣土層為 0-10 公分之表土層、每點以圓錐取適量土樣，取完後將 3 個點所取的土分別以四分法取出約 300 g 進行實驗，一共為 48 袋土樣，取完後以報紙將土樣鋪於室內空間使其陰乾，約 4-5 天之後方可開始測定，每項試驗之樣本數為每小區每袋土樣進行 3 次重複後取其平均值視為一個樣本數，共 48 個。另一方面，林木生長形質試驗材料所有試驗以選定每個小區皆存活 10 株以上之海岸樹種進行生長調查，包含欖李(*Lumnitzera racemosa*)、海茄苳(*Avicennia marina*)及土沉香(*Excoecaria agallocha*)，每區選取樣木 10 株。唯 2016 年 1 月至 2 月期間進行樹高生長量調查時第 14 小區 3 株欖李苗木枯死，故本試驗以每小區 7 株樣木進行試驗。

## 三、試驗方法

### (一)土壤導電度

土樣以 20 mesh 篩網過篩，篩完之後將土壤樣本以 1:10 的比例與水混合，本試驗以 3 g 土壤：30 g 蒸餾水為測定樣本，將其靜置一天後，即以 Eutech Con11 標準型手持電導度計開始測定每個樣本的電導度值。

### (二)土壤有效磷

土樣以 20 mesh 篩網過篩方可進行試驗。有效磷檢測方法採用白雷氏第一法(Bray-I method)進行試驗，主要參考陳仁炫(2008)之檢測方法，測定首先先秤取 2.0 g 土壤置於 25 ml 之定量瓶，加入萃取液((0.03N NH<sub>4</sub>F 及 0.025N HCl) 20 mL，均勻搖晃 1 分鐘隨即過濾，取 5 ml 之濾液加入 4 ml 維他命 C 混合液後以去離子水定量至 25 ml，靜置 30 分後以分光光度計於波長 882 nm 下測定吸光值。

### (三)土壤有機質

土樣以 20、35 mesh 篩網過篩方可進行試驗，其測定方法主要參考陳鴻基(2008)之土壤有機質含量檢測方法進行試驗。首先秤取土壤樣品 0.5 g 至於錐形瓶中，以吸量管加入 1N K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 10 ml 搖晃混合後，加入 20 ml 濃硫酸均勻搖晃並將其靜置冷卻後加入

去離子水 200 ml，以滴管在加入菲羅啉指示劑 3 至 4 滴後樣本即可開始滴定，以 0.5N  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  溶液滴定之。顏色變化由橙紅至墨綠至青綠最再轉至深棕紅為滴定終點並記錄  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  所消耗之滴定 ml 數。

#### (四)樹高生長量調查

於 2016 年 1 月至 2 月期間，進行林木樹高量測，並將資料比對 2012 年造林試驗第一次苗木調查資料以得出每株樣木之樹高生長量以進行數據分析。

#### (五)葉面積、肉質程度及葉片相對含水率之試驗

此階段所有試驗皆須選擇成熟葉片，根據林益明等(2004)對於紅樹植物成熟葉片之定義取之，以葉片已充分展開且顏色偏深不易掉落者皆屬之。葉面積測定以每小區各樹種 10 株樣木每株採集 3 片成熟葉片並以葉面積儀 Li-3100 測定測定，取每株 3 片之平均值為一樣本數。葉片肉質程度及相對含水率試驗以每株 8 至 9 片為準且此二試驗每小區進行 8 重複，並根據 Marcar(1993)的測量試驗方法計算並取得數值。

#### (六)淨光合速率測定

本試驗以 Li6400 手持式光合作用測定儀進行測定，以光子通量  $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  之處處理進行栽植樹種之光合測定，待淨光合作用率呈現穩定後記錄數據，每株量測三次後取其第三次數值。試驗樣本數為每株測定一成熟葉片，每小區每樹種共 10 個樣本數，總計樣本數 480 個。

## 結果與結論

由布袋荒廢鹽田試驗區土壤導電度上升數值來看，可以明顯發現蚵殼層處理下土壤導電度上升量有最低值，可以證實從 2012 年至 2016 年這段期間內，可溶性鹽類於表土的累積有明顯的被阻斷，顯示隔離層處理之蚵殼層有最佳的阻斷鹽分效果，故日後綠化造林可選用此土壤治理手段進行。而對於生育地整治後的土壤肥力而言，隔離層之蚵殼層處理的影響仍為最好，尤其在蚵殼層處理之部分小區林分鬱閉後土壤有機質含量有大幅提升，推論鬱閉後的小區植物性及動物性之土壤有機質提供來源有大量增加。另一方面，就有土壤有效磷含量來看，即便在蚵殼層處理上有最高值但仍不及好美寮潮間帶之含量，且若以許多學者之論點來看，大多數的海岸地區有效磷含量仍偏低，如何改善仍為一重要課題。

對於 3 種栽植樹種的生長適應狀況而言，仍以蚵殼層處理的小區有較好之生長，且部分小區之樹高生長量因初期生長快速致使林分鬱閉後土壤有機質提供來源增加而有

較高的數值，這不僅顯示蚵殼層處理後鹽分降低使其促進植物生長，日後鹽田綠化造林必須著重於如何快速使林分鬱閉，使土壤肥力增加才能達到更優良的造林成效。另一方面，葉部參數中葉面積發育以蚵殼層發育最為良好，也進一步證實在鹽分較低的蚵殼層上有較好的發育狀況。至於在葉部肉質性的變化而言，由試驗結果顯示海茄苳葉部肉質性應不受鹽分影響，此與部分學者所得實驗結果類似，但其葉面積生長仍然受鹽分抑制，故對其生長發育應沒有促進效果。而對於欖李及土沉香葉部肉質性而言，在低導電度之蚵殼層有最低值，代表受鹽分影響程度較小。對於成熟葉片相對含水率數值而言，不管何種處理其所有樹種皆未達到正常數值，代表此生育環境可能嚴重缺乏水分，而台灣西南部於冬季時常因降水量少而面臨缺水問題加上荒廢鹽田生育地水分蒸發量大，導致該區在冬季植物普遍都面臨缺水逆境，故日後行綠化造林時，應必須考慮水分的限制因子並加以改善，如此應可讓造林成效提升。

從淨光合速率數值顯示蚵殼層處理上的栽植樹種普遍都具有較高的淨光合作用速率，比較 2016 年生育地導電度數值差異，也進一步證實在鹽分比較低的蚵殼層處理上有較佳的表現，其餘三種隔離層處理之栽植樹種淨光合作用速率都有受到明顯的抑制，其數值對比蚵殼層處理落差甚大。另一方面，半紅樹類植物土沉香在高鹽分的整治處理中期數值落差較其他兩種紅樹植物明顯，顯示對鹽分較不具耐受性，但在蚵殼層處理之光合適應表現良好，日後若行生育地整治降低鹽分後，鹽田綠化造林也可納入半紅樹類植物的選育。

## 引用文獻

何冠琳、楊蒼叡、許博行 (2006) 以原生植群移除嘉義布袋廢曬鹽場土壤鹽分之可行性探討。林業研究季刊 28(4): 43-52。

陳添水、陳明義 (2000) 台灣鹽田植群之研究。林業研究季刊 22(3): 81-90。

薛銘童、許博行 (2002) 欖李苗木於荒廢鹽田與河口潮間帶營造之研究。林業研究季刊 24(2): 71-78。

Marcar NE. (1993) Waterlogging modifies growth, water use and ion concentrations in seedlings of salt-treated *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. robusta* and *E. globulus*. Australian Journal of Plant Physiology 20: 1-13.

## 臺灣五十種原生闊葉樹種的光合潛力及耐陰等級

郭耀綸<sup>1)\*</sup>

### 緒言

瞭解樹種的耐陰性對苗木培育或造林樹種的選擇都很重要，近年來我們在屏東科技大學森林系苗圃，測定樹種的光飽和光合作用率，代表各樹種的光合潛力，並藉此量化數據當作判斷樹種耐陰性的生理指標。進一步再邀請 6 位具野外經驗的樹木學專家填寫問卷，判定各樹種天然更新植株最常出現的光環境，由專家意見的結果來判定光合潛力分等級的臨界值，使藉光合潛力區分的各類耐陰性樹種，與專家意見歸類的樹種較為一致。結果已將 180 種台灣原生闊葉樹種歸類在五類耐陰等級(Kuo and Yeh 2015)。本研究報導近兩年完成的 50 種闊葉樹種光合潛力的測定結果及其耐陰性分級，並討論樹種之光合潛力與其光飽和點、光補償點及暗呼吸率的關係。

### 方法

本研究測定的 50 種臺灣原生樹種，均栽植在屏東科技大學森林系的苗圃，樹齡在 2~5 年間，樹高多在 50~200 cm 範圍，但所測定的葉片高度多在 60~150 cm 間。所測的植株其樹冠在白天均可照到數小時直射光，而測定的葉片均是位於樹冠最外側新近成熟的陽葉。於 2014 及 2015 年的雨季(6 月至 10 月)進行生理測定。使用儀器為攜帶型光合作用系統(LI-6400, LI-COR, USA)，測定時 CO<sub>2</sub> 濃度設定在 400  $\mu\text{l L}^{-1}$ ，相對濕度 70~80%，溫度設定在 28°C。每個樹種測定 4 株，至少 12 個葉片的光合作用光反應，將各葉片最高的淨光合作用率乘以 0.95，所得數值視為該葉片的光飽和光合作用率(A<sub>sat</sub>)，此數值對應的光量即為光飽和點。將該樹種最高，且變異係數(CV)小於 5%的 4 個 A<sub>sat</sub> 數值平均，視為該樹種的光合潛力。此外，在 0~50  $\mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  的光量下進行光反應測定，不照光時可獲得暗呼吸率，當淨光合作用率為零時的光量即為該葉片的光補償點。依據 Kuo and Yeh (2015)的歸類方法，將各樹種的光合潛力區分為(1) > 26.0；(2) 25.9~21.0；(3) 20.9~15.1；(4) 15.0~12.5；(5) < 12.5  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  等五個等級，分別歸屬耐陰等級第 1、2、3、4、5 級(先驅樹種、陽性樹種、中等耐陰樹種、耐陰樹種、

<sup>1)</sup> 屏東科技大學森林系，屏東縣內埔鄉學府路 1 號。

\* 通訊作者，E-mail: ylkuo@mail.npust.edu.tw。

極耐陰樹種)。合併本研究及 Kuo and Yeh (2015)報導的樹種中已完成光飽和點、光補償點及暗呼吸率測定，共計 206 樹種的數據，分析光合潛力分別與上述三項光合性狀間是否有顯著相關性。

## 結果與結論

供試 50 樹種之光合潛力範圍在  $10.1\sim 28.7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  之間，以苦藍盤及烏桕最高，分別為  $28.7$  及  $28.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，此兩樹種可歸類在耐陰等級 1 的先驅樹種範疇。光合潛力在  $21.0\sim 25.9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，歸類在耐陰等級 2 的陽性樹種包括山菜豆、野牡丹、水社柳等 10 種(表 1)。供試樹種中光合潛力在  $15.1\sim 20.9 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，可歸類在耐陰等級 3 的中等耐陰樹種者，計有厚葉榕、南嶺蕘花、日本女貞等 20 種，佔總數的 40%。光合潛力在  $12.5\sim 15.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  的樹種，計有台東石楠、呂宋莢蒾、繁花薯豆等 12 種，可歸類在耐陰等級 4 的耐陰樹種範疇。小葉樹杞、蘭嶼樹蘭、賽赤楠、台灣棒花蒲桃、琉球暗羅及密脈赤楠等 6 樹種，其光合潛力低於  $12.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，屬於耐陰等級 5 的極耐陰樹種。本研究 50 樹種屬於耐陰等級 1、2、3、4、5 種數的比例，分別為 4、20、40、24 及 12%。Kuo and Yeh (2015)調查的 180 樹種，上述五類耐陰等級種數的比例分別為 10、21、39、18 及 12%。由此兩研究結果顯示，台灣原生闊葉樹種的耐陰等級以中等耐陰者居多，約為供試樹種的 40%。

合併 206 樹種的光合性狀數據，分析得知樹種的光合潛力分別與光飽和點、光補償點及暗呼吸率都具極顯著直線正相關(圖 1)。此結果意味著若能得知各樹種的光飽和點、光補償點或暗呼吸率，即可估算其光合潛力，因而得以判斷其耐陰等級。事實上，測定植物的光補償點及暗呼吸率，遠比測定光飽和點及光合潛力容易，但是如何藉各樹種的光補償點或暗呼吸率去判斷某樹種的耐陰性，目前學界仍無判斷準則可依循。表 2 為已完成光合作用性狀測定的樹種，依耐陰等級區分的光合潛力、光飽和點、光補償點及暗呼吸率範圍。除了光合潛力，另三項光合作用性狀在某一耐陰等級的數值範圍，與相鄰另一耐陰等級的數值範圍的前段或後段都會有重疊。例如耐陰等級 2 的光補償點範圍 ( $18.3\sim 26.4 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )數值較大的部分，與耐陰等級 1 的數值會有重疊 ( $23.6\sim 26.4$ )，而耐陰等級 2 光補償點範圍數值較小的部分，與耐陰等級 3 的數值也有重疊 ( $18.3\sim 21.1$ )。因此，只測定某樹種的光補償點，雖可粗略判斷該樹種的耐陰性，但仍無法明確將其歸類在正確的耐陰等級。經過多年的光合作用測定經驗，我們在實地測定樹種光合潛力時，會先測定該樹種葉片的光補償點，由此初步推測該樹種光合潛力應有

的程度，以便了解後續測得的光合潛力數值是否已達該樹種應有的表現。

表 1. 供試 50 樹種的光合潛力( $A_{max}$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{S}^{-1}$ )及耐陰等級(SC)。耐陰等級 1 為最不耐陰，等級 5 為最耐陰

| 樹種     | 學名   | $A_{max}$ | SC | 樹種     | 學名  | $A_{max}$ | SC |
|--------|--|-----------|----|--------|---|-----------|----|
| 苦藍盤    | <i>Myoporum bontioides</i>                       | 28.7      | 1  | 山枇杷    | <i>Eriobotrya deflexa</i>                             | 16.6      | 3  |
| 烏柏     | <i>Sapium sebiferum</i>                          | 28.5      | 1  | 金平氏冬青  | <i>Ilex maximowicziana</i>                            | 16.3      | 3  |
| 山菜豆    | <i>Radermachia sinica</i>                        | 24.7      | 2  | 青脆枝    | <i>Nothapodytes nimmoniana</i>                        | 16.1      | 3  |
| 野牡丹    | <i>Melastoma candidum</i>                        | 24.6      | 2  | 台灣天仙果  | <i>Ficus formosana</i>                                | 16.1      | 3  |
| 水社柳    | <i>Salix kusanoi</i>                             | 24.6      | 2  | 紅子莢蒾   | <i>Viburnum formosanum</i>                            | 16.0      | 3  |
| 杜虹花    | <i>Callicarpa formosana</i>                      | 24.5      | 2  | 刺杜密    | <i>Bridelia balansae</i>                              | 15.2      | 3  |
| 草海桐    | <i>Scaevola sericea</i>                          | 24.1      | 2  | 三蕊楠    | <i>Endiandra coriacea</i>                             | 15.2      | 3  |
| 苦林盤    | <i>Clerodendrum inerme</i>                       | 23.3      | 2  | 台東石楠   | <i>Photinia serratifolia</i> var. <i>ardisiifolia</i> | 15.0      | 4  |
| 白木蘇花   | <i>Dendrolobium umbellatum</i>                   | 22.8      | 2  | 呂宋莢蒾   | <i>Viburnum luzonicum</i>                             | 14.9      | 4  |
| 大青     | <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i>                 | 22.7      | 2  | 繁花薯豆   | <i>Elaeocarpus multiflorus</i>                        | 14.5      | 4  |
| 木蠟樹    | <i>Rhus succedanea</i>                           | 21.4      | 2  | 黃土樹    | <i>Prunus zippeliana</i>                              | 14.3      | 4  |
| 朝鮮紫珠   | <i>Callicarpa japonica</i> var. <i>luxurians</i> | 21.1      | 2  | 山桔     | <i>Glycosmis parviflora</i> var. <i>erythrocarpa</i>  | 14.2      | 4  |
| 厚葉榕    | <i>Ficus microcarpa</i> var. <i>crassifolia</i>  | 20.8      | 3  | 大花赤楠   | <i>Syzygium tripinnatum</i>                           | 14.1      | 4  |
| 南嶺蕘花   | <i>Wikstroemia indica</i>                        | 20.0      | 3  | 九節木    | <i>Psychotria rubra</i>                               | 13.8      | 4  |
| 日本女貞   | <i>Ligustrum liukuense</i>                       | 19.7      | 3  | 水冬瓜    | <i>Saurauia tristyla</i> var. <i>oldhamii</i>         | 13.8      | 4  |
| 單子蒲桃   | <i>Eugenia pitanga</i>                           | 19.7      | 3  | 銳葉新木薑子 | <i>Neolitsea aciculate</i>                            | 13.6      | 4  |
| 蘭嶼蘋婆   | <i>Sterculia ceramica</i>                        | 18.7      | 3  | 桔里珍    | <i>Antidesma pentandrum</i> var. <i>barbatum</i>      | 13.5      | 4  |
| 木苧麻    | <i>Boehmeria densiflora</i>                      | 18.6      | 3  | 紅皮     | <i>Styrax suberifolia</i>                             | 13.3      | 4  |
| 菲律賓火筒樹 | <i>Leea philippinensis</i>                       | 18.2      | 3  | 日本衛矛   | <i>Euonymus japonicus</i>                             | 12.5      | 4  |
| 台灣蘋果   | <i>Malus doumeri</i>                             | 18.0      | 3  | 小葉樹杞   | <i>Ardisia quinquegona</i>                            | 12.3      | 5  |
| 台東莢蒾   | <i>Viburnum taitoense</i>                        | 17.9      | 3  | 蘭嶼樹蘭   | <i>Aglaia chittagonga</i>                             | 12.0      | 5  |
| 金新木薑子  | <i>Neolitsea sericea</i> var. <i>aurata</i>      | 17.7      | 3  | 賽赤楠    | <i>Acmena acuminatissima</i>                          | 11.5      | 5  |
| 鬼紫珠    | <i>Callicarpa kochiana</i>                       | 17.6      | 3  | 台灣棒花蒲桃 | <i>Syzygium taiwanicum</i>                            | 11.4      | 5  |
| 穗花樹蘭   | <i>Aphanamixis polystachya</i>                   | 17.5      | 3  | 琉球暗羅   | <i>Polyalthia liukuensis</i>                          | 10.3      | 5  |
| 土樟     | <i>Cinnamomum reticulatum</i>                    | 16.9      | 3  | 密脈赤楠   | <i>Syzygium densinervium</i> var. <i>insulare</i>     | 10.1      | 5  |

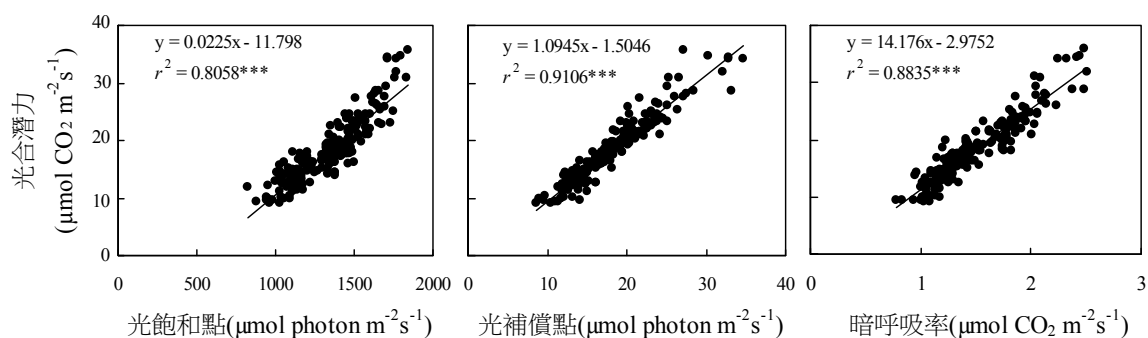


圖 1. 台灣原生闊葉樹種光合潛力與光飽和點、光補償點、暗呼吸率之關係。  
n=206, \*\*\* :  $p < 0.001$

表 2. 臺灣原生五類耐陰等級闊葉樹種的光合作用性狀範圍

| 耐陰等級 | 樣本數 | 光合潛力<br>( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) | 光飽和點<br>( $\mu\text{mol photon m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) | 光補償點<br>( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) | 暗呼吸率<br>( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) |
|------|-----|--|--|--|--|
| 1    | 18  | $\geq 26$  | 1550~1840  | 23.6~34.6  | 1.87~2.51  |
| 2    | 40  | 21.0~25.9  | 1350~1750  | 18.3~26.4  | 1.51~2.06  |
| 3    | 79  | 15.1~20.9  | 1110~1550  | 15.1~21.1  | 1.21~1.82  |
| 4    | 46  | 12.5~15.0  | 1000~1380  | 12.1~16.2  | 0.95~1.35  |
| 5    | 23  | $< 12.5$   | 820~1180   | 8.6~14.24  | 0.78~1.17  |

本研究提供 50 種台灣原生闊葉樹種光合潛力的測定結果及其耐陰性分級，可供林業及園藝業在苗木培育及造林樹種選擇時的參考。分析台灣原生闊葉樹種光合性狀間的關係，發現各樹種的光合潛力分別與光飽和點、光補償點及暗呼吸率都具極顯著正相關。在實際測定樹種的光合潛力前，可先測定該樹種較易獲得的光補償點數據，由此推估其光合潛力及耐陰性。然而，目前尚無僅藉樹種的光補償點來判定其耐陰等級的準則，由光合潛力來判定樹種耐陰等級則已建立準則。

## 引用文獻

**Kuo YL, Yeh CL. (2015)** Photosynthetic capacity and shade tolerance of 180 native broadleaf tree species in Taiwan. *Taiwan J For Sci* 30(4): 229-243.

## 台灣三種紅樹林樹種之光合特性

王經文<sup>1)</sup> 翁韶良<sup>2)</sup> 廖天賜<sup>3)\*</sup>

### 摘要

本研究以水筆仔(*Kandelia obovata*)、紅海欖(*Rhizophora stylosa*)和海茄苳(*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.)等三種紅樹林樹種對光照日變化之生理反應，以明瞭紅樹林在台灣西部海岸分布是否受溫度或水分因子影響。研究結果顯示紅樹科植物在潮間帶的鹽分環境影響下，對於水分逆境進行氣孔導度嚴格的調控，以避免植物體內水分過度散失。兩種紅樹科植物之光合作用速率和外界光強度變化，呈現極度相關，水筆仔光合作用啟動光度約在 1000-1200 PPFD ( $\mu\text{mol photo m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )，紅海欖約在 800-1000 PPFD ( $\mu\text{mol photo m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )，海茄苳則無此現象。水筆仔生理特性呈現地域上的差異，在原生地新豐表現較佳。

### 緒言

紅樹林在全球大約有 70 多種樹種，分布生長在熱帶和亞熱帶海岸的鹽鹼地、灘塗濕地等特殊濕地生態系，是一個多元化的群體。其生長受到溫度的限制，因此在地理分布有一定分布範圍，以緯度來看主要分布於北緯 25 度至南緯 25 度(薛美莉 1995)。其生育地具有高鹽分、潮汐影響、強風、高溫、泥濘的缺氧土壤等特性(Kathiresan and Bingham 2001)。

紅樹林能容忍範圍廣泛的土壤鹽分(Hutchings and Saenger 1987)，而鹽度長期以來被認為是一個重要的因素，限制紅樹的生長和生產率(Ball 2002)。鹽水棲息地代表了生理挑戰，因為土壤孔隙水的高度負水勢，使植物水的吸收比非鹽漬土更不利。在高鹽環境下要保持水的吸收能力，是耐鹽性的關鍵。另一種生理挑戰是離子的毒性，高濃度的鹽是潛在的細胞毒性。紅樹林在鹽分條件下的高水分利用效率表明，調節水分運輸，結合離子調控，是其耐鹽性重要的組成部分(Reef and Lovelock 2014)。在溫度方面，不論是夏季的高溫或是冬季的低溫，對植物的生理皆有影響，特別是在高溫高光及低溫高光時，

<sup>1)</sup> 林務局南投林區管理處技士，台中市東區東英 11 街 59 巷 8 號。

<sup>2)</sup> 特有生物保育中心助理研究員，南投縣集集鎮民生東路 1 號。

<sup>3)</sup> 國立中興大學森林系副教授，台中市南區興大路 145 號。

\* 通訊作者，E-mail: tsliao@nchu.edu.tw。

產生的過剩能量有可能對其光合作用器官造成傷害。因此需要其他能量路徑消散過剩光能或其他光保護機制(如增加 NPQ、調降 PSII 的光化學效能、增加葉黃素循環等)，避免光合作用結構受傷(Reef et al. 2010)。

另外近年來，直接量測紅樹科植樹光合特性研究甚少，Werner 和 Stelzer (1990)之研究曾指出大紅樹(*Rhizophora mangle*)在鹽分環境下，會呈景天酸代謝(Crassulacean acid metabolism, CAM)植物特性；然大部份學者之研究則認為紅樹林樹種屬於 C3 植物(Martin and Loeschen 1993)，陳明男(2002)之研究指出紅樹林在低鹽分下，可能會有較大的氣孔導度，造成水分散失快，且曾發現紅樹科植物在光照下有光合作用啟動速度較慢的現象。而本研究於 2013-2014 年之試驗亦曾發現紅樹科之水筆仔與紅海欖光合作用啟動有延遲或難以啟動的現象，因此本研究於 2015-2016 以台南北門區之水筆仔、紅海欖和海茄苳及新竹新豐之水筆仔為對象，觀察三種紅樹林植物在不同季節及光照 PPFD 下光合作用速率及螢光情形，以探討其光合特性，進一步瞭解溫度或水份因子是否為限制其分布因素。

## 方法

本試驗材料為台南市北門區雙春遊憩區(120°11' E, 23°31' N)之水筆仔、紅海欖和海茄苳及新竹縣新豐鄉紅毛港紅樹林生態遊憩區(120°97' E, 24°90' N)之原生種水筆仔。光合作用速率、葉綠素螢光、葉片水勢之日變化同步測定：2015 年夏季(6-9 月)及 2016 冬季(12-3 月)晴朗之日，選定上層成熟葉片，單日測定時間從上午 8 點至下午 18 點，以攜帶式光合作用系統測定儀(LI-6400, Li-COR, USA)測定水筆仔、紅海欖及海茄苳之光合作用速率日變化。葉片水勢之測定，單日測定時間從黎明前至下午 18 點(約 05:40、09:00、12:00、15:00、18:00)用露點微電壓計(dew point microvoltage meter, HR33T, Wescor Ltd, USA)，測定露點之微電壓及樣品槽之溫度，計算出葉片水分潛勢( $\psi$ )。

## 結果與結論

研究結果顯示紅樹科植物在潮間帶的鹽分環境影響下，對於水分逆境進行氣孔導度嚴格的調控，以避免植物體內水分過度散失，藉由一定光度之太陽光照射後，氣孔導度逐步上升，光合作用才隨之啟動，會有如此特性的原因是為了保持植物體內的水分，紅樹科植物擁有發達的卡氏帶，面對鹽水環境的策略乃透過低水分潛勢梯度吸收水分(只走共質體路徑)及掉落老葉排鹽，所以其吸水是靠氣孔張開，產生土壤—植物—大氣連

續拉力，為避免樹液流動太快導致維管束栓塞，以致氣孔導度不敏感，因而呈現光合作用速率和氣孔導度、葉片水勢呈現不顯著相關；另海茄苳具鹽腺，面對鹽水策略是泌液排鹽，可以透過根壓，使水分及內含離子大量進入植物體內，當白天行光合作用時，逐漸消耗植物體內儲存之水分，使得葉片水勢逐漸下降，而氣孔導度較敏感，以致光合速率和氣孔導度呈現極顯著相關。

## 引用文獻

- 陳明男 (2002)** 四種台灣紅樹林植物對光度與溫度之生理反應。國立中興大學森林學系碩士論文 4-34 頁。
- 薛美莉 (1995)** 消失中的溼地森林-記台灣的紅樹林。9 頁、12 頁。
- Ball MC. (2002)** Interactive effects of salinity and irradiance on growth: implications for mangrove forest structure along salinity gradients. *Trees – Structure and Function* 16: 126-139.
- Hutchings P, Saenger P. (1987)** Ecology of mangroves. St Lucia, Australia: University of Queensland Press.
- Kathiresan K, Bingham BL. (2001)** Advances in marine biology. *Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems* 40: 81-251.
- Martin CE, Loeschen VS. (1993)** Photosynthesis in the mangrove species *Rhizophora mangle* L.: No evidence for CAM-cycling. *Photosynthetica* 28: 391-400.
- Reef R, Feller IC, Lovelock CE. (2010)** Nutrition of mangroves. *Tree Physiology* 30: 1148-1160.
- Reef R, Lovelock CE. (2014)** Regulation of water balance in mangroves. *Annals of Botany* 115 (3): 327-331.
- Werner A, Stelzer R. (1990)** Physiological responses of the mangrove *Rhizophora mangle* grown in the absence and presence of NaCl. *Plant, Cell & Environment* 13: 243-255.

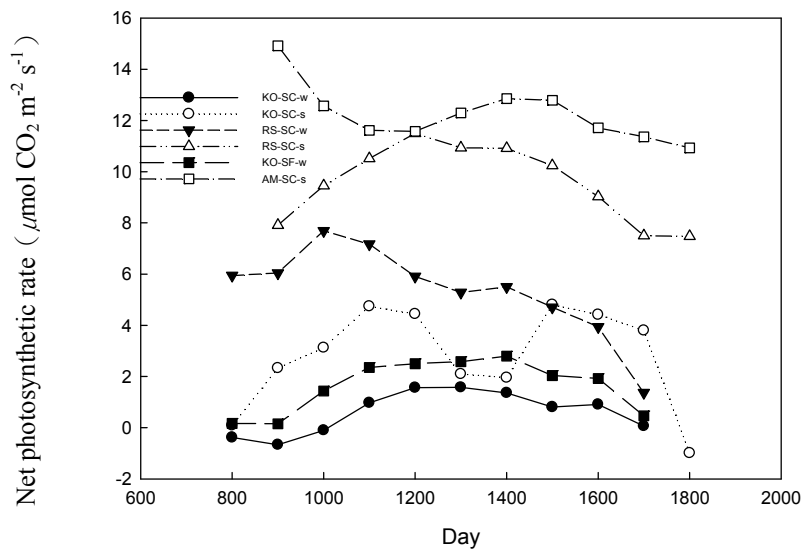


圖 1. 台南雙春及新竹新豐之水筆仔(*Kandelia obovata*)、紅海欖(*Rhizophora stylosa*)和海茄苳(*Avicennia marina*)於夏冬兩季之淨光合作用速率日變化。n=3-4。(KO：水筆仔；RS：紅海欖；AM：海茄苳；SC：雙春；SF：新豐；w：冬季；s：夏季)。

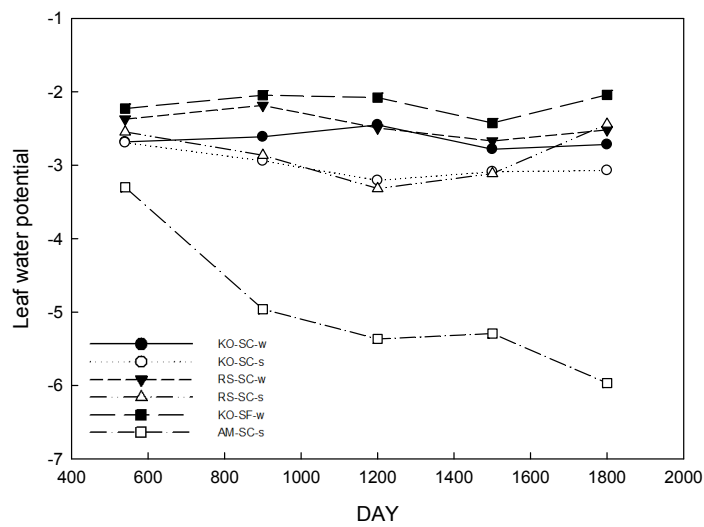


圖 2. 台南雙春及新竹新豐之水筆仔(*Kandelia obovata*)、紅海欖(*Rhizophora stylosa*)和海茄苳(*Avicennia marina*)於夏冬兩季之葉片水勢日變化。n=3-4。(KO：水筆仔；RS：紅海欖；AM：海茄苳；SC：雙春；SF：新豐；w：冬季；s：夏季)。

## 台灣相思樹 3 年生種源後裔與栽植密度試驗

陳永修<sup>1)\*</sup> 何政坤<sup>2)</sup>

### 緒言

台灣相思樹(*Acacia confusa*)屬豆科植物，根部具有固氮功能，為台灣原生植物中適應性最廣的樹種之一，也是全台造林面積第二高樹種。木材為地板良材，木材比重與碳素轉換係數均高居台灣經濟闊葉樹種第一。唯台灣相思樹樹人工林生長形質分叉變異大，本試驗從台灣相思樹林中選拔優形母樹採種育苗，在花蓮建立種源單親後裔試驗，同時以林務局提供林農在休耕地造林所培育一般造林苗，以不同栽植密度作為對照，在花蓮台糖農地試驗造林。比較優形母樹種源後裔試驗與一般造林之育林技術，比較其材積與形質生長之差異，提供台灣相思樹育種與育林技術之參考。由於政府推動休耕地台灣相思樹造林的輪伐期為 6 年，一般輪伐期的 1/2 即造林 3 年，大致可以推估育種的成效，因此在試驗 3 年時，進行材積生長與幹形形質分析，提供政府推動造林時種苗來源及栽植密度建議的參考。

### 材料與方法

#### 一、苗木來源與試驗設計

- 1.台灣相思樹優良母樹種源單親後裔試驗：101年12月26日在花蓮光復鄉海拔116 m之大富農場，建立採自宜蘭、嘉義及太麻里等3種源15優良母樹之1年生家系苗之單親後裔試驗，15家系排列為逢機排列，每家系10株，共10區集，行株距2×2 m。周圍以雜交牛樟栽植二行作為保護行。
- 2.不同密度栽植試驗：向林務局花蓮林區管理處所提供之台灣相思樹塑膠袋苗一批，分別以1.5×1.5 m、1.5×2 m與2×2 m等不同栽植距離，進行不同密度栽植試驗，每試區面積為20 m×22 m約440 m<sup>2</sup>，每密度4個區集。為避免邊際林木空間差異效應所產生之誤差，調查區集中間之25株林木樹高胸徑與形質。
- 3.統計分析：以SAS之GLM分析區集、種源、家系、與栽植密度之變異分析。遺傳力計算如表1所示，單株遺傳力 $h^2=4*\sigma_f^2/(\sigma_f^2+\sigma_{fb}^2+\sigma_e^2)$ ，家系遺傳力 $=\sigma_f^2/(\sigma_f^2+(B-1)*\sigma_{fb}^2+B*$

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里 198 號。

\* 通訊作者，E-mail: cyh@tfri.gov.tw。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 台北市中正區南海路 53 號。

$(N-1)*\sigma_e^2)$ ，B為區集數，N為每家系栽植10株數(Wright 1976)。

表1. 遺傳力變異分析

| 變異來源        | 自由度          | 均方       | 期望均方值  |
|-------------|--------------|----------|--|
| 區集間(B)      | 10-1         |          |  |
| 家系間(F)      | 15-1         | $M_f$    | $\sigma_e^2 + n\sigma_{fb}^2 + nb\sigma_f^2$ |
| 家系內小區間(B*F) | (15-1)(10-1) | $M_{fb}$ | $\sigma_e^2 + n\sigma_{fb}^2$                |
| 機誤 (小區內)    | 15*10(10-1)  | $M_e$    | $\sigma_e^2$                                 |
| 總變量         | 15*10*10-1   |          |  |

## 二、主要性狀調查

1. 樹幹通直度(依據章樂民 1969)分成 2 級：包括 I 級直幹與 II 級微扭曲—離樹幹中心約 1 cm。
2. 主幹分歧度分成 4 級：包括 I 級—未分叉從 5m 以上處分叉、II 級—從 2 m-5.0 m 處分叉、III 級—從 1-2 m 處分叉、IV 級—從基幹處分叉/無主幹等。
3. 側枝數分 3 種：包括側枝數<5 枝、>5-10 枝與>10 枝等三種。
4. 側枝角度分 3 個等級，包括<30 度、>45 度、30-45 度。
5. 材積計算：以國有林產物處分規則之立木材積式  $V=0.45 \times 0.79 \times \text{樹高} \times \text{胸徑}^2$  計算每單株之材積，死亡株或無胸徑者以 0 計算。每公頃材積＝樣區或家系單株之平均材積 × 栽植密度/ha。

## 結果與討論

### 一、種源後裔檢定試驗：

台灣相思樹不同種源家系苗造林 3 年，在區集間都呈現極顯著差異，顯示農地的地力差異頗大。種源間各性狀在樹高、胸徑、側枝數與側枝角度呈統計差異，家系間則只有通直度無顯著差異外，其他性狀都呈極顯著差異。區集與家系間의 交感效應除通直度與側枝角度外，都呈極顯著差異，顯示這些性狀易受環境影響(表 2)。比較種源間與鄰近區一般造林木的各種性狀比較，以宜蘭種源的樹高、胸徑生長、通直度、分歧度、側枝數與測枝角度等均優於一般非選育之造林密度試驗(2×2 m)的表現(表 3)，宜蘭種源在樹高、胸徑生長都顯著優於太麻里與嘉義種源，材積生長以宜蘭種源最高，與太麻里種源無顯著差異，但顯著高於嘉義種源。嘉義種源的分歧度顯著高於其他二種源，通直度以太麻里種源較為通直，但差異不顯著。生長形質性狀相關分析結果顯示，樹高、胸徑

及材積均與通直度與分歧度呈現負相關(表 4)，也就是通直度與分歧度的數字愈小則樹高、胸徑及材積就越大，因通直度與分歧度(數字小)則表示越通直及分歧數少，故選擇通直度高分歧度少的性狀，材積生長也呈正相關增加，台灣相思樹的適地適種相當重要。

表 2. 台灣相思樹後裔試驗造林 3 年之生長與形質性狀之 ANOVA 分析

| 變異來源  | 自由度  | 樹高      | 胸徑    | 材積     | 通直度   | 分歧度   | 側枝數   | 側枝角度  |
|-------|------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 區集    | 9    | 180943b | 29.6b | 392.0b | 2.82b | 1.71b | 1.90b | 3.97b |
| 種原    | 2    | 200703b | 16.6b | 84.2   | 0.48  | 0.35  | 0.64b | 1.32a |
| 家系    | 14   | 50078b  | 8.9b  | 204.3b | 0.25  | 0.37b | 0.50b | 2.30b |
| 區集×家系 | 103  | 20885b  | 2.4b  | 56.0b  | 0.19  | 0.23b | 0.26b | 0.47  |
| 機誤    | 1097 | 6739    | 1.3   | 35.6   | 0.17  | 0.14  | 0.19  | 0.41  |

註：表內各測值之數值為均方值，英文字母 a 表示顯著差異， $p < 0.05$ ；b 表示極顯著差異， $p < 0.01$ 。

表 3. 台灣相思樹種源試驗與密度試驗之形質生長表現

| 處 理        | 樹高<br>(cm) | 胸徑<br>(cm) | 材積<br>( $m^3/ha$ ) | 通直度   | 分歧度    | 側枝數   | 側枝角度  |
|------------|------------|------------|--------------------|-------|--------|-------|-------|
| 太麻里        | 427b       | 4.0b       | 6.1ab              | 2.77a | 3.78ab | 1.68a | 1.71b |
| 宜蘭         | 500a       | 4.7a       | 6.9a               | 2.82a | 3.76b  | 1.61a | 1.86a |
| 嘉義         | 396c       | 3.7b       | 5.0b               | 2.85a | 3.86a  | 1.67a | 1.63b |
| 密度試驗(2x2m) | 466        | 4.3        |                    | 2.91  | 3.82   | 1.66  | 2.57  |

註：表內同一測值欄內，字母相同者表示處理間無顯著差異，Duncan's test， $p < 0.05$ 。

表 4. 台灣相思樹種源後裔試驗 3 年生不同形質性狀相關分析

| 測值   | 樹高     | 胸徑     | 材積     | 通直度   | 分歧度    | 側枝數   |
|------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|
| 胸徑   | 0.88b  |        |        |       |        |       |
| 材積   | 0.86b  | 0.94b  |        |       |        |       |
| 通直度  | -0.17b | -0.17b | -0.14b |       |        |       |
| 分歧度  | -0.29b | -0.32b | -0.32b | 0.22b |        |       |
| 側枝數  | 0.04   | 0.07a  | 0.05   | 0.03  | 0.20b  |       |
| 側枝角度 | 0.35b  | 0.44b  | 0.40b  | 0.10b | -0.14b | 0.14b |

註：表內數值為相關係數，a 表示顯著相關， $p < 0.05$ ，b 表示極顯著相關， $p < 0.01$ 。

## 二、不同密度栽植試驗：

不同栽植密度之區集相對於樹高、胸徑與材積都呈顯著差異(表 4)，可反應出試驗樣區之土壤因子差異頗大，而影響其生長表現，此與種源後裔試驗結果相一致。樹高、胸徑與材積生長在不同栽植密度間都呈顯著差異，但通直度、分歧度與側枝數都不顯著，

顯示栽植密度不能有效提高林木直立度與降低分叉及側枝的發生，惟側枝角度可因密度的提高呈顯著差異。高密度(1.5×1.5 m)與低密度(2×2 m)在材積生長未呈統計上差異，而中密度(1.5×2 m)之材積生長與高密度相當，材積約 10 m<sup>3</sup>/ha，但顯著高於低密度材積生長，顯示高栽植密度在造林 3 年後因競爭養分與光照下，已呈現生長遲緩且有下滑之趨勢，並非最佳的栽植密度。其次在形質生長方面，由(表 4)密度與側枝角度呈現顯著(9.22b)，可顯示栽植密度很明顯會影響側枝角度之擴張，因此於(表 5)不同栽植密度之形質表現上以栽植最寬之 2×2 m 所表現之側枝度最大(2.57a)最大，這是一個合理的反應。然而我們嘗試以栽植密度來改善造林木的生長形質，但從 3 年生造林地上的生長表現尚不明顯且效果也不大。

最後就造林木之生長與形質性狀之遺傳力而言(表 6)，單株遺傳力代表該優勢木母樹的遺傳力，家系遺傳力則代表母樹×環境遺傳力。在林齡 3 年生時，家系遺傳力都高於單株遺傳力，Wright (1976)認為家系遺傳力是呈現家系的表現，比單株遺傳力可信度高，不過家系遺傳力數值高出單株遺傳力頗多，由於台灣相思樹輪伐期建議為 20 年(李久先和顏添明 2001)，遺傳力檢定仍須觀測至少 10 年，才能更趨正確。

表 4. 台灣相思樹不同栽植密度造林 3 年之生長與形質之 ANOVA 分析

| 變異來源  | 自由度 | 樹高     | 胸徑   | 材積     | 通直度  | 分歧度  | 側枝數  | 側枝角度  |
|-------|-----|--------|------|--------|------|------|------|-------|
| 區集    | 3   | 38153b | 5.5b | 243.3b | 0.12 | 0.02 | 0.45 | 1.62  |
| 密度    | 2   | 98673b | 8.9b | 189.0a | 0.07 | 0.20 | 0.45 | 9.22b |
| 區集×密度 | 6   | 19648a | 3.3a | 193.7b | 0.13 | 0.20 | 0.42 | 0.89  |
| 機誤    | 288 | 7862   | 1.2  | 53.3   | 0.09 | 0.12 | 0.23 | 0.46  |

註：表內各測值之數值為均方值，英文字母 a 表示顯著差異，p<0.05；b 表示極顯著差異，p<0.01。

表 5. 台灣相思樹不同栽植密度造林 3 年生長與形質表現

| 栽植密度      | 樹高 (cm) | 胸徑 (cm) | 材積 (m <sup>3</sup> /ha) | 通直度   | 分歧度   | 側枝數   | 側枝角度  |
|-----------|---------|---------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 1.5×1.5 m | 414b    | 3.8b    | 10.0ab                  | 2.94a | 3.91a | 1.60a | 1.93c |
| 1.5×2 m   | 478a    | 4.4a    | 10.8a                   | 2.89a | 3.87a | 1.52a | 2.17b |
| 2×2 m     | 466a    | 4.3a    | 8.1b                    | 2.91a | 2.82a | 1.66a | 2.57a |

註：表內同一測值欄內，字母相同者表示處理間無顯著差異，Duncan's test，p<0.05。

表 6. 種源後裔試驗 3 年之林木生長與形質性狀之遺傳力

| 遺傳力   | 樹高    | 胸徑    | 材積    | 通直度    | 分歧度   | 側枝數   | 側枝角度  |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 單株遺傳力 | 0.107 | 0.142 | 0.116 | -0.026 | 0.000 | 0.010 | 0.132 |
| 家系遺傳力 | 0.492 | 0.661 | 0.644 | -1.088 | 0.000 | 0.148 | 0.731 |

## 引用文獻

**Wright J. (1976)** Introduction to forest genetics. Elsevier Inc. 463pp.

**章樂民、王仁禮 (1969)** 相思樹選育計畫實施經過概述。台灣省林業試驗所所訊250: 2839-2844.

**李久先、顏添明 (2001)** 全民造林運動造林樹種之經濟價值探討。林業研究季刊23: 35-46。



## 疏伐小徑木與植物種實於生活用品上之初步利用

范貴珠<sup>1)\*</sup> 張育慈<sup>1)</sup> 張智強<sup>2)</sup> 彭采宸<sup>2)</sup>

### 緒言

疏伐作業(Thinning operations)為人工林經營的重要過程，其目的主要係持林分的活力及健康狀態，減少林木相對死亡率；此外，由於林木的生長期長，在此期間由於疏伐木的釋出，可以增加經營過程中之木材收穫，而獲得經濟收益(顏添明 2006，汪大雄 2007，邱志明等 2011)。然一般疏伐木多為中小徑木，具有較高比例的未成熟材，材質較輕軟且多節之缺點；惟疏伐木仍具有自然多變的紋理與色澤，有調節濕度、吸收紫外線、隔熱及吸震等特點(王松永等 2005)。近日已有許多針對國內疏伐及修枝小徑木利用之文獻，例如林業試驗所積極開發綠色造林樹種之全材利用，進行樹葉及樹皮之工藝利用，開發製作出掛飾、燈罩、壓花作品、杯墊、室內裝飾壁板、家具鑲板及高價工藝品等(王瀛生 2011，2014)；亦輔導經由簡易加工製作成組合玩具材料包，供學童之美勞或工藝課程(王培蓉等 2014)。另外，嘉義大學開發柳杉疏伐木作為高級工藝品及小器物家飾(林翰謙等 2003)，台大實驗林利用台灣杉、柳杉、杉木及孟宗竹疏伐木開發成實驗林特色紀念品(李佳如等 2011a，2011b)外，亦積極利用國產疏伐木開發具傳統榫接特色之文創商品，例如文具、電子周邊商品、燈飾、時鐘及椅凳等文創商品(李佳如等 2014，2015)，期能充分開發疏伐木之新用途，達到森林資源有效利用與推廣及營造優質森林之目的。

根據屏東科技大學調查屏東林管處荖濃溪事業區 98-100 林班內之紅檜及台灣杉人工林，結果顯示已疏伐之林分無論在森林健康度或木材品質均優於未疏伐林分，因此未來持續進行疏伐作業時，中小徑木之開發利用及推廣為急需解決問題。近日國內各單位對於疏伐小徑木的利用研究計畫及推廣活動雖多，但多需經過精確設計、繪圖、打樣、模具製作及木作加工，包括裁切、榫接、模具製作、砂磨、組裝及塗裝等作業始能完成產品，所需之製作經費或商品售價均高。本研究以屏東林管處疏伐之紅檜及台灣杉小徑木為材料，初步嘗試設計製作簡單且平價之小型生活用品，部分用品則搭配台灣南部常

<sup>1)</sup> 國立屏東科技大學森林系，91201 屏東縣內埔鄉學府路 1 號。

\* 通訊作者，E-mail: fankc@mail.npust.edu.tw。

<sup>2)</sup> 林務局屏東林區管理處作業課，90046 屏東市民興路 39 號。

見之美麗種實以提高其價值，未來期能為高屏地區之中小徑木及森林種實利用闢劃新的產業鏈結模式。

## 方法

### 一、磁鐵與名片座之設計及製作

將利用紅檜及台灣杉之小徑木為材料，裁切成 6.5 cm(長)×4.5 cm(寬)×0.7 cm(厚)之磁鐵木片及 15 cm(長)×15 cm(寬)×1 cm(厚)名片座；木片經過砂磨後，搭配翅果鐵刀木、台灣光蠟樹、墨水樹、孔雀豆、耳豆樹、黃蝴蝶、盒果藤、銀合歡、倒地鈴、火焰木、蓖麻、月桃、月橘、青楓等種子，設計及製作不同樣式之磁鐵及名片座。

### 二、小型生活用品之設計及製作

將小徑木裁切成不同大小及形狀，經過鑽孔、鋸切及砂磨後，搭配種實、樹葉及枝條等自然材料，初期先嘗試設計簡單且容易製作之小型生活用品。

## 結果與結論

- 一、本研究初步已設計及製作約 30 款之磁鐵及 10 款名片座樣式(圖 1)，未來將持續增加種子之選擇及設計多樣化之樣式。此外，小徑木裁切成不同大小及形狀後，有些製作之生活用品主要呈現木材自然紋理之美，部分作品則搭配種實及自然材料，已設計製作約 35 款之小型生活用品(圖 2)。
- 二、自 2014 年 7 月陸續設計製作之磁鐵及名片座作品，已於校慶時舉辦展售及 DIY 活動，獲得來賓及民眾之讚嘆創意。另協助校方執行教育部策略聯盟及典範計畫時，提供 4 所國中生參訪時之 DIY 體驗活動，國中生之熱烈反應極受校方的重視。
- 三、屏東林管處將初步設計之作品展示於轄區內森林遊樂區及平地森林園區，並以小徑木磁鐵材料包舉辦環境教育 DIY 活動，積極推廣疏伐小徑木之利用。
- 四、將持續設計製作實用之小型生活用品，呈現紅檜及台灣杉小徑木美麗之木材紋理，並設計及印刷宣傳摺頁達到推廣效果。
- 五、未來將積極媒合相關產業共同致力於小徑木之設計、生產及行銷，可達推廣國產疏伐小徑木利用之目的。



7種紅檜及台灣杉種實磁鐵



6種紅檜及台灣杉種實磁鐵



耳豆樹、倒地鈴、銀合歡、台灣光蠟樹、月橘、枝條



孔雀豆、月橘、銀合歡、台灣光蠟樹、翅果鐵刀木



墨水樹、台灣光蠟樹、盒果藤、枝條



孔雀豆、百喜草、榔榆葉片



孔雀豆、台灣光蠟樹、墨水樹、月桃



孔雀豆、月橘、耳豆樹、墨水樹、月桃



銀合歡、翅果鐵刀木、月桃



紅檜及台灣杉種實名片座



台灣杉種實名片座



台灣杉種實名片座

圖 1. 疏伐小徑木製作之種實磁鐵及名片座



台灣杉杯墊



紅檜杯墊



台灣杉杯墊



台灣杉筆插



台灣杉筆插



紅檜筆插



紅檜燭台



紅檜燭台



台灣杉蛋架



台灣杉調味罐架



台灣杉酒瓶及酒杯架



台灣杉餐桌試管花架

圖 2. 疏伐小徑木製作之小型生活用品



台灣杉及蓮實藤薰香台



台灣杉置物盤



台灣杉記事板



台灣杉壁掛鑰匙架



台灣杉桌上時鐘(紅檜底座)



台灣杉保養品整理架



紅檜肥皂架



台灣杉肥皂架



台灣杉磁鐵相框



台灣杉壁掛植物架或燭台



台灣杉耳環

圖 2. 疏伐小徑木製作之小型生活用品(續)

## 引用文獻

王松永、張豐承、李怡貞、楊賜霖、林法勤 (2005) 柳杉疏伐木有效利用之探討。國立台灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告19(4): 293-300。

- 王培蓉、孫明源、蘇文清 (2014) 以小徑木與枝稍才利用做為環境補償之替代性策略。  
林業研究專訊21(6): 21-24。
- 王瀛生 (2011) 綠色造林樹種潛在利用價值。林業研究專訊18(2): 43-48。
- 王瀛生 (2014) 平地造林木之文創產品開發。林業研究專訊21(6): 15-20。
- 汪大雄 (2007) 疏伐作業對人工林組成、生長、結構和林地微環境之影響。林業研究專訊16(2): 31-36。
- 李佳如、莊閔傑、蔡明哲、王亞男、陳啟雄 (2011a) 利用疏伐木開發具臺大實驗林特色之木製紀念品(I)－相框、文具組及面紙盒。臺大實驗林研究報告25(1): 33-42。
- 李佳如、莊閔傑、莊玉慧、蔡明哲、王亞男、陳啟雄 (2011b) 利用疏伐木開發具臺大實驗林特色之木製紀念品(II)－茶盤、盤架及調味罐。臺大實驗林研究報告25(3): 201-213。
- 李佳如、鄭森松、蔡明哲、張上鎮、莊閔傑 (2014) 利用國產材疏伐木開發具傳統榫接特色之文創商品(I)。臺大實驗林研究報告28(4): 259-277。
- 李佳如、鄭森松、蔡明哲、張上鎮、莊閔傑 (2015) 利用國產材疏伐木開發具傳統榫接特色之文創商品(II)。臺大實驗林研究報告29(2): 91-108。
- 林翰謙、黃金城、張義雄、黃俊傑、王瓊華 (2003) 柳杉疏伐木多階段利用創作之評估。台灣林業29(6): 34-39。
- 邱志明、唐盛林、鍾智昕、林振榮 (2011) 紅檜人工林生物量和不同疏伐策略對二氧化碳吸存之效應。中華林學季刊44(3): 385-400。
- 顏添明 (2006) 由疏伐示範區的成立談疏伐作業的重要性及未來遠景。台灣林業32(5): 17-23。

## 山葵新經濟生產系統之初步評估

黃怡菁<sup>1)\*</sup> 傅春旭<sup>2)</sup> 陳柏勳<sup>3)</sup> 何政坤<sup>1)</sup> 黃裕星<sup>4)</sup>

### 緒言

山葵是原產於日本的一種具有很高經濟價值的蔬菜兼藥用植物，在日本家喻戶曉，被人們譽為綠色黃金(余曉琴和嚴建全 2004)。其具有獨特的辛辣、芳香味及強的殺菌特性(胡尚勤 2004)，是日本生魚片等海鮮食品不可缺少的高級調味品，由於山葵還具有促進澱粉的消化、穩定腸胃中維生素C，並殺死消化道中寄生蟲的作用(吳震等 2001a)，近年來已有研究發展其精油抑菌作用(杜喜玲和李振超 2011)及防治胃癌的功效(毛春梅 2011，朱進和楊松 2011)。山葵日本自9世紀就已栽植，臺灣在1918-1919年由日本引種至阿里山，中國在1992年福建漳平也引種種植(林麗欽 1999)，現在在中國大陸高山地區發展迅速，面積不斷擴大，成為一個極具發展潛力的創匯蔬菜。

但由於目前台灣林業政策，將全面回收有山葵栽種的高海拔保留地，因此，為使山葵產業將來在台灣可以被永續經營及利用，開發山葵不同的利用方式，並建構在中高海拔的新產業栽培生產模式，將是必要的研究課題。有幸的是近年來各國之經濟結構有部分改變，加上山葵本身之加工技術也有大幅之改進，所以興起以山葵之新鮮葉柄所作成之加工產品，來取代以山葵根莖作為鮮用的獨一消費模式，因此在山葵的加工市場上帶來了無限的生產潛力。所以我們擬開發山葵的新經濟產業生產栽培模式，就是選用較耐熱的綠莖品系，利用臺灣秋冬春三季之適合山葵生產之環境條件，開闢山葵在9-10月就在田間定植，然後經7-8個月的栽培，在翌年4-5月收成的新栽培生產系統，以建立彷彿高冷蔬菜的產業模式，進而維持山葵產業得以在台灣永續經營，也因為如此，我們進行了新栽培模式可行性的評估試驗。

---

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 台北市南海路 53 號。

\* 通訊作者，E-mail: ching@tfri.gov.tw。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所保護組，10066 台北市南海路 53 號。

<sup>3)</sup> 前林試所研究助理，台北市政府工務局公園路燈管理處。

<sup>4)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所，10066 台北市南海路 53 號。

## 方法

- 一、將具有 3-4 片本葉的山葵實生苗，分別在九月、十月、十一月間，種植於田間(海拔約1200-1500 公尺)，使用高畦，行株距 25 公分，上層搭設黑網，每星期至少施肥 1 次，在定植後之早期 2 個月，以兩種殺菌劑交錯使用，每星期噴藥一次，2 個月後視病蟲害發生之情況，再作農藥管理。
- 二、於定植後每日澆水，同時持續注意植物生長及病蟲害發生情況，並於採收前進行抽樣，以記錄生長量，尤其主要是以葉片數作為主要的基礎指標性狀，以推估栽種期對總收穫量之可能影響。

## 結果與討論

- 一、對於綠莖種山葵而言，在 1200-1500 公尺海拔，在台灣之秋、冬、春季，可以正常生長(圖 1-圖 6)，惟不同之定植時間的確影響將來之總收量，而精確之生產履歷仍有極大的調整空間。
- 二、定植苗之清潔度會影響定植後之田間病蟲管理的難易度。
- 三、即使在相同海拔，相同定植期下，不同農民之不同精細度的管理仍然明顯的影響總產量。

## 參考文獻

- 毛春梅 (2011) 山葵提取物對人結腸癌細胞SW480增殖及其抑癌基因P16INK4a表達之影響。重慶醫科大學 生物化與分子生物學 碩士論文 重慶。
- 朱進、何標、張道敏、劉懷應 (2008) 高山特色蔬菜高效率栽培技術。長江蔬菜12:10-11。
- 朱進、楊松 (2011) 山葵生物學特性、關鍵技術及風味物質研究進展。長江大學學報(自然科學版) 8(1):223-226。
- 余曉晴、嚴建全 (2004) 乾燥條件對山葵根莖品質之影響。食品工業科技 25(11):55-57。
- 杜喜玲、李振超 (2011) 山葵精油抑菌作用之研究。食品研究與研發32(1):35-37。

林麗欽 (1999) 山葵、辣根、芥末的辛辣成分及功能。福建經紡124(9)1-4。

吳震、李式軍、王廣東、陶功俊 (2001a) 珍稀創匯蔬菜山葵穴盤無土育苗關鍵技術之研究。2001年中國國際果蔬產業博覽會。國際果蔬技術論壇設施園藝專題研討會論文集。南京農業大學園藝學院p138-144。

胡尚勤 (2004) 山葵殺菌作用的研究。微生物學通報31(4):77-80。



圖 1. 山葵實生苗在十月間，種植於田間的情況。



圖 2. 山葵實生苗於田間定植後 1 個月的生長情況。



圖 3. 山葵實生苗於田間定植後 2.5 個月的生長情況。



圖 4. 山葵實生苗於田間定植後 3 個月的生長情況。



圖 5. 山葵實生苗於田間定植後 5 個月的生長情況。



圖 6. 山葵實生苗於田間定植後 8.5 個月的生長情況。

## 臺灣不同地區山胡椒精油含量與成分差異之研究

陳怡蓓<sup>1)</sup>\* 陳盈如<sup>2)</sup>

### 緒言

山胡椒(*Litsea cubeba* (Lour.) Persoon)為樟科木薑子屬常綠灌木或小喬木，主要分佈於中國大陸長江以南的華南地區、臺灣、馬來西亞、越南、印度和爪哇等東南亞地區。在臺灣，山胡椒廣泛生長於300~2300公尺的山坡地，為雌雄異株，開花期為2~4月，果實為球形，成熟時由綠色轉變成黑色，全株包含果實及樹葉皆具有特殊的芳香氣味，果實可鮮食或用鹽漬和乾燥的方式保存，為原住民傳統調味食品。除了用於調味外，賽夏族與泰雅族也常將其用於消除宿醉所引起的頭疼、身體痠痛等症狀。在民間傳統用藥，山胡椒被認為有祛風濕、消腫、解毒、止痛的功效。山胡椒油在中國大陸為重要的傳統林產工業產物，年產量高達2000噸，其中1500噸外銷英、美、法、德、瑞士、荷蘭等國，為世界第一大出口國(陳學恆 2003)。山胡椒果實精油具有獨特的香氣，大量使用於香料與化妝品產業，其主要成分檸檬醛(citral)是合成紫羅蘭酮類、大馬酮類等香料和維生素A、E及維生素K的重要原料。除了作為香料原料使用外，近年內的研究顯示，山胡椒果實精油具有抗菌(謝玟珣 2007, Ho et al. 2009, Li and Yan 2012)、抗蟲(林天書和尹華文 1999, 伊可幾等 2005)、抗癌(Ho et al. 2010, Seal et al. 2012)以及調整中樞神經、抗焦慮以及抗憂鬱的作用(Chen et al. 2012)。除了果實之外，葉、花、樹皮樹根等皆有用途，甚至萃取完精油的果皮和果仁殘渣亦富含蛋白質和醣類，是良好的家畜家禽飼料，也可用來製作有機肥料，山胡椒是用途十分廣泛的多功能植物，具有經濟開發價值。山胡椒主要來源為野外採集，近年來由於需求量增大且價格高漲，每公斤鮮果價格約1000-1500元，野外雌株常因人為砍伐而枯死，造成野外雌雄株比例明顯失衡的現象。目前的研究大多是針對山胡椒精油及萃取物功能進行研究以及衍生產品開發，然而對於臺灣的山胡椒原生資源尚缺乏系統性的研究。本研究進行不同地區山胡椒果實與葉片精油萃取與成分分析，以了解不同地區山胡椒精油含量與成分是否具有歧異性，希望能夠為後續進行優良品系選拔提供參考依據，同時藉由觀察不同採收時期精油含量及成分的變化，將可作為判斷最佳採收時期的參考。

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 台北市中正區南海路 53 號。

\* 通訊作者，E-mail: chiann@tfri.gov.tw。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所化學組，10066 台北市中正區南海路 53 號。

## 材料與方法

### 一、植物樣本

山胡椒果實及葉片採集自北部新北市(信賢，海拔高度約450 m)、中部南投縣(蓮華池，海拔高度570~771 m)以及南部高雄六龜鄉(扇平，海拔高度約750~850 m)處以及鳳崗山，海拔高度約1500~1700 m)等地區，採摘分裝後存放於-20°C 冷凍櫃中保存備用。

### 二、山胡椒精油樣本製備

將同一地區，同一月份的山胡椒葉片或果實以等比例方式充份混合均勻後，利用水蒸餾法進行精油萃取，每一個混合樣本以同樣條件萃取3重複(每一重複取30g新鮮果實，以500mL二次水進行蒸餾)，每次蒸餾6小時。萃取所得之精油加入無水硫酸鈉(Anhydrous sodium sulfate)將水份去除之後，秤重計算其精油收率(w/w，%)。使用乙酸乙酯(Ethyl acetate)為溶劑，將精油稀釋成200 ppm，並使用0.2 μm過濾膜過濾後備用。

### 三、山胡椒精油成分分析

取1 μL純化樣品注入氣相層析儀(Perkin Elmer公司之Clarus 600 GC-MS)中，所使用分離管柱為DB-5ms (Crossbond 5% phenyl methylpolysiloxane (30 m×0.25 mm×0.25 μm))，載送氣體氦氣的流速為1 mL/min。注射孔溫度為250°C，離子化電壓為70 eV，質譜範圍(Mass range) m/z為40-450 a.m.u.。GC烘箱起始溫度為50°C，以5°C/min的升溫速度至250°C持溫5 min。成分鑑定使用National Institute of Standards and Technology (NIST) 2.0和Wiley 8資料庫質譜進行比對，並計算Kovats retention index以確認其組成。各精油成分的相對含量則以氣相層析圖的波峰面積來計算。

## 結果與討論

### 一、不同地區山胡椒果實發育物候差異

兩年的採集調查過程中，觀察到同一地區、不同海拔高度的山胡椒果實發育成熟度會有所差異，以六龜地區為例，鳳崗山地區(海拔1500~1700 m)的山胡椒樣木，在同一月份，果實成熟度較扇平(海拔750~850 m)約慢1-1.5個月，扇平地區樣木果實在6月份時，平均果徑已達0.5 cm，而此時鳳崗地區的平均果徑僅0.32/0.26 cm，且果核部分尚未變硬，呈透明狀。

## 二、不同地區山胡椒果實及葉片精油含油率比較

不同月份、不同地區的山胡椒果實及葉片精油收率，其精油收率有明顯差異(圖1)。在葉片精油收率部分，不同地區的葉片精油收率以中部蓮華池地區最高(2.68~3.99%)，南部地區(扇平及鳳崗山)次之(1.36~3.24%)，北部信賢地區最低(0.17~1.59%)。在果實精油部分，以相同月份的山胡椒果實精油收率來看，以南部地區收率最高(4.66~7.57%)，中部蓮華池地區收率居次(3.73~5.00%)，北部信賢地區精油收率最低(3.48~4.43%)；此外，精油收率會隨著果實成熟度增加而提高。

## 三、山胡椒葉片及果實精油成分分析

萃取所得的山胡椒果實及葉片精油以氣相層析質譜儀(GC/MS)進行成分分析。由精油成分分析結果來看，雖然不同地區山胡椒葉片精油收率有明顯差異(0.17~3.24%)，各別精油成分的含量也有些差異，然而其主要成分都是桉葉油醇(eucalyptol) (44.65~51.62%)，其次為檜烯(sabinene) (11.67~14.56%)，這兩個主要成分加起來占葉片總精油成分的56.97~63.99% (圖2)，不同月份間，這兩個主要成分的相對含量差異不大。在果實精油部分，由分析結果可知，山胡椒果實精油主要成分有三個，分別為香葉醛(Geraniol; E-Citral)、橙花醛(Neral; Z-Citral)與檸檬烯(limonene)(圖3)。其中檸檬醛(包含橙花醛以及香葉醛)為山胡椒果實精油的主要成分，其相對含量為果實總精油成分的56.65~75.09%，其次為檸檬烯(4.11~17.08%)，兩者加起來占果實總精油成分的73.73~81.13%。分析結果顯示在不同地區間，檸檬醛及檸檬烯在果實總精油成分中所佔的比例有明顯的差異，隨著果實成熟度增加，果實精油收率以及主成分檸檬醛的相對含量也隨之增加，相反的，檸檬烯的相對含量則隨著果實逐漸成熟而降低。針對市售品牌山胡椒精油進行精油成分分析，由分析結果可知，其主要成分也是檸檬醛(53.4~65.03%)和檸檬烯(5.38~11.91%)，相較之下，台灣原生的山胡椒果實精油在青果期(6-7月)的檸檬醛含量(56.64~75.09%)明顯高於市售品牌，而且隨著果實成熟度增加，檸檬醛含量還有持續增加的空間。本研究分析結果顯示臺灣原生的山胡椒具有開發潛力，並有機會可依照利用目的不同從中選拔出優良的品系。在生產果實精油的同時，山胡椒葉片亦可用於桉葉油醇的生產，桉葉油醇是桉樹精油的主要成分，常用於除臭、醫藥用途並具有驅蟲、防蟲等功效，目前分析結果顯示，部分地區如蓮華池山胡椒葉片精油含量高(2.68~3.99%)，且富含桉葉油醇(49.26~50.73%)，相當具有發展潛力。

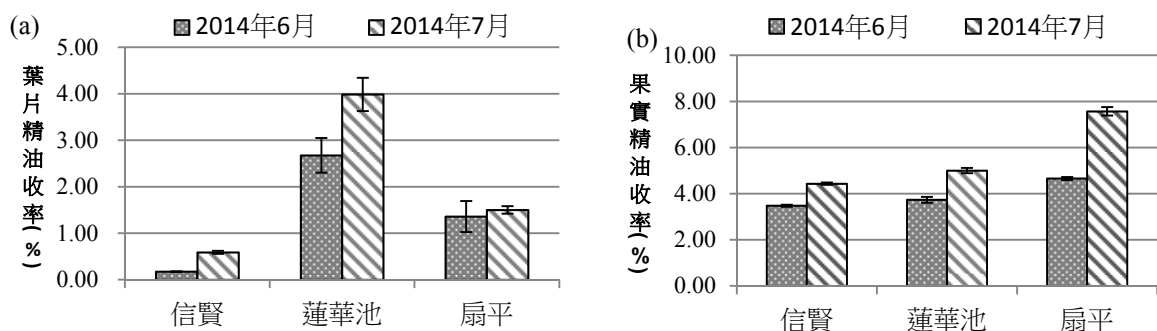


圖 1. 不同地區山胡椒葉片(a)及果實(b)精油收率比較  
(精油收率(%)計算方式為：每公克新鮮樣本萃取得到的精油重量(g)百分比)

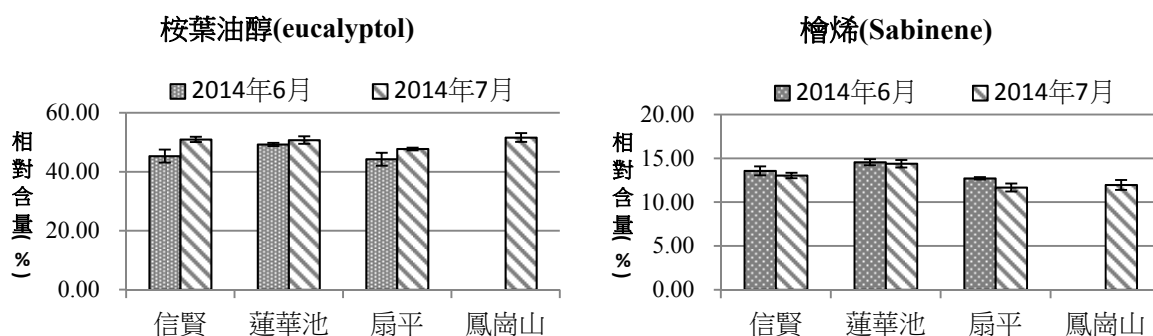


圖2. 不同地區、不同月份山胡椒葉片精油主要成分含量比較

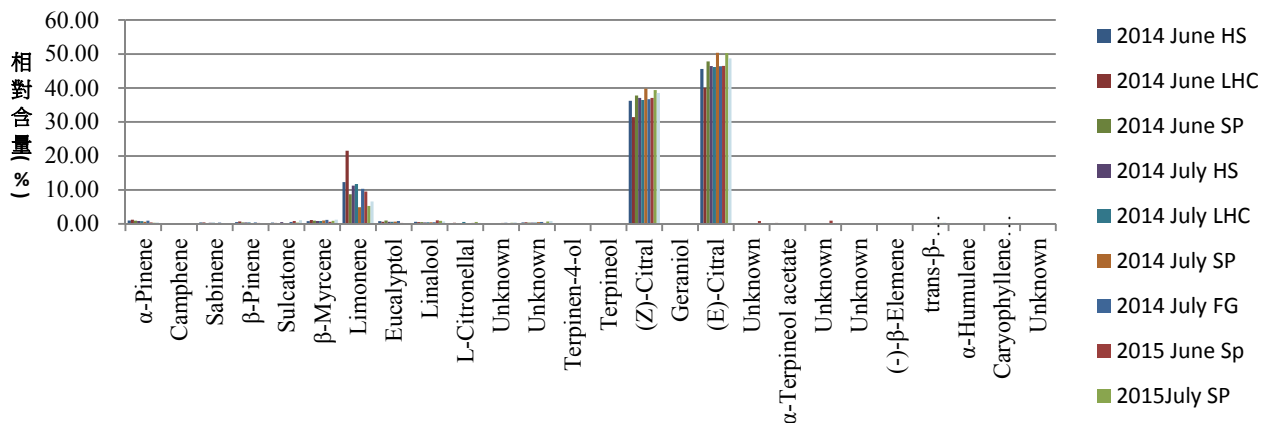


圖 3. 不同地區山胡椒果實精油成分分析結果

## 參考文獻

- 陳學恒 (2003) 我國山蒼子資源利用現況和產業化前景評述 林業科學39(4): 134-139。  
謝玟珣 (2007) 山胡椒抗氧化性質及其抗菌性質之研究 國立宜蘭大學碩士論文。

- Chen CJ, Tseng YH, Chu FH, Wen TY, Cheng WW, Chen YT, Tsao NW, Wang SY. (2012)** Neuropharmacological activities of fruit essential oil from *Litsea cubeba* Persoon. J. Wood Sci. 58(8): 538-543.
- Ho CL, Oui JP, Liu YC, Hung CP, Tsai MC, Liao PC, Wang EI, Chen YL, Su YC. (2010)** Compositions and in vitro anticancer activities of the leaf and fruit oils of *Litsea cubeba* from Taiwan. Nat. Prod. Com. 5(4): 617-620.
- Ho CL, Hsu KP, Chien TC, Wang EI, Su YC. (2009)** Essential Oil Compositions and Antimicrobial Paper Activities of the Various Parts of *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon from Taiwan. Cross Strait Forest Prod. Tech. Sym. A80-82.
- Liu TT, Yang TS. (2012)** Antimicrobial Impact of the Components of Essential Oil of *Litsea cubeba* from Taiwan and Antimicrobial Activity of the Oil in Food Systems. Int. J. Food Microbiol. 156: 68-75.
- Seal S, Chatterjee P, Bhattacharya S, Pal D, Dasgupta S, Kundu R, Mukherjee S, Bhattacharya S, Bhuyan M, Bhattacharya PR, Baishya G, Baruah PK, Rao PG, Bhattacharya S. (2012)** Vapor of Volatile Oils from *Litsea cubeba* Seed Induces Apoptosis and Causes Cell Cycle Arrest in Lung Cancer Cells. Plos One 7(10): e47014.



## 建築用孟宗竹竹稈之性質評估

李金梅<sup>1)</sup> 楊德新<sup>2)</sup> 趙偉成<sup>2)</sup> 林志憲<sup>2)</sup> 黃國雄<sup>3)\*</sup>

### 緒言

台灣地區竹林資源豐富，竹林面積25.7萬公頃，約占林地面積11.8%。竹材具有獨特之中空構造，材質輕且強度大，可廣泛應用在竹結構、室內裝潢與家具，為具有發展潛力之生態材料。然而由於竹材含有較多量之水分與澱粉，在運輸、存放與使用過程中，容易受到蟲蛀與腐朽，使得強度降低與使用年限減短。為了解決竹材使用上之缺點，對其乾燥、強度與保存等性質之探討，實為目前重要之課題。又竹材生長快速，且4年成熟後即可利用，其中以竹稈作為結構用材之利用型態比例最高，然而作為建築用之結構用材時，對於竹稈強度與保存性質之參考資料仍屬不多。

本研究以孟宗竹竹稈進行三種不同乾燥處理後，探討竹材表面材色之變化、竹稈之強度性質與竹材之耐腐朽性等，並擬將試驗結果提供給竹材與竹建築相關業者參考，期能提高竹材在建築方面之應用與達到有效利用國內竹材資源之目的。

### 材料與方法

試驗材料以天然乾燥、傳統乾燥與高溫乾燥之孟宗竹竹稈為材料，其中天然乾燥係於氣乾棚下經9個月自然氣乾，傳統乾燥之溫度設定為80°C，濕度設定為65%，乾燥時間為128 h，高溫乾燥之溫度設定為110°C，濕度設定為60%，乾燥時間為46 h。

竹材表面色差測試係按照1976年國際照明委員會CIE(L\* a\* b\*)標準色度學理論，採用分光測儀，對天然乾燥、傳統乾燥與高溫乾燥竹材之竹青與竹簧進行材色定量測定，並以天然乾燥為基準計算其色差值。

抗彎強度試驗以長度240 cm竹稈進行三等分抗彎載重，其下跨距與上跨距分別為長213 cm及71 cm，載重速度為10 mm/min，計算其抗彎彈性模數(MOE)與抗彎強度(MOR)。壓縮試驗取含節之竹稈，其細長比為1/2－1/3，參考CNS 453進行竹稈之壓縮試驗並計算其強度。

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所森林利用組，10066 台北市南海路 53 號。

<sup>2)</sup> 國立中興大學森林研究所，40227 台中市國光路 250 號。

<sup>3)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所技術服務組，10066 台北市南海路 53 號。

\* 通訊作者，E-mail: gshwang@tfri.gov.tw。

腐朽試驗參照CNS 15697對三種不同乾燥處理竹材進行抗腐朽效能評估，使用菌種為褐腐菌(*Laetiporus sulphureus*, Ls)與白腐菌(*Lenzites betulina*, Lb)。試驗時將繼代完成之菌株取塊狀置於已滅菌的樣品罐內，待其長滿後放入竹材試樣並封蓋存放在生長箱內，於12週後取出計算其質量損失率。

## 結果與討論

由表1三種乾燥處理竹材之色差試驗結果得知傳統乾燥與高溫乾燥竹青與竹簧之色差值均較天然乾燥者大即其顏色加深，且無論是以竹青或竹簧，高溫乾燥者之色差值均較傳統乾燥者大，無論是傳統乾燥與高溫乾燥，竹青之色差值均較竹簧者大。

表 1. 三種乾燥處理竹材之表面色差試驗之結果

| 竹 材<br>乾燥類別 | 竹 青   |      |       |       | 竹 簧   |      |       |       |
|-------------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
|             | L*    | a*   | b*    | 色差值   | L*    | a*   | b*    | 色差值   |
| 天然乾燥        | 51.58 | 5.10 | 16.86 | ----- | 69.92 | 5.87 | 22.46 | ----- |
| 傳統乾燥        | 35.92 | 5.67 | 13.34 | 15.67 | 58.34 | 6.19 | 18.30 | 12.31 |
| 高溫乾燥        | 26.86 | 3.40 | 4.26  | 28.18 | 50.03 | 5.41 | 17.34 | 20.54 |

三種乾燥類別之竹稈抗彎試驗與壓縮強度試驗結果如表2所示。表2中傳統乾燥與高溫乾燥較天然乾燥之密度較大，可能與人工乾燥之收縮率較大有關。表2顯示天然乾燥材之MOE與MOR分別為13.00 GPa與80.37 MPa，均較傳統窯乾與高溫乾燥者低。又由統計分析結果，可得知三者之MOR值並無顯著差異，然高溫乾燥者之MOE較傳統乾燥者與天然乾燥者具顯著差異性增大。天然乾燥竹稈之壓縮強度為27.26 MPa，較傳統乾燥者之39.31MPa與高溫乾燥者之43.03 MPa且顯著差異性降低，又壓縮試驗之破壞均呈現明顯之縱向劈裂，與Lo等人(2008)以孟宗竹曾進行壓縮試驗之破壞型態相似。

三種乾燥類別之竹材耐腐朽試驗結果如表3所示。由表3得知無論何種乾燥類別之竹材，其白腐菌之質量損失率均較褐腐菌者大，其中天然乾燥竹材之質量損失率最高，傳統乾燥者次之，高溫乾燥者最小。Kim等(2011)與Wei等(2013)以孟宗竹與巨竹進行抗腐朽試驗之研究結果均指出竹材較無法抵禦白腐菌之侵害，且以*Trametes versicolor*菌之危害最為嚴重，質量損失率達15-21%。又統計分析之結果，顯示三種不同乾燥竹材對不同菌種的抵禦能力不同，以高溫乾燥者之抗腐朽能力最佳，即其白腐菌與褐腐菌之質量損失率均較低。

表 2. 三種乾燥處理竹稈抗彎試驗與壓縮強度試驗結果

| 乾燥類別 | 密度<br>(kg/m <sup>3</sup> )                            | 含水率<br>(%)                         | MOE<br>(GPa)                       | MOR<br>(MPa)                        | 壓縮強度<br>(MPa)                      |
|------|---|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 天然乾燥 | <b>629.08<sup>a1)</sup></b><br>(107.91) <sup>2)</sup> | <b>11.78<sup>c</sup></b><br>(0.33) | <b>13.00<sup>a</sup></b><br>(2.46) | <b>80.37<sup>a</sup></b><br>(16.57) | <b>27.26<sup>a</sup></b><br>(8.24) |
| 傳統乾燥 | <b>726.00<sup>b</sup></b><br>(66.92)                  | <b>8.91<sup>b</sup></b><br>(0.47)  | <b>14.09<sup>a</sup></b><br>(2.81) | <b>90.88<sup>a</sup></b><br>(16.73) | <b>39.31<sup>b</sup></b><br>(6.17) |
| 高溫乾燥 | <b>719.43<sup>b</sup></b><br>(62.32)                  | <b>5.72<sup>a</sup></b><br>(0.18)  | <b>18.31<sup>b</sup></b><br>(2.41) | <b>92.85<sup>a</sup></b><br>(19.07) | <b>43.03<sup>b</sup></b><br>(9.18) |

<sup>1)</sup> Different letters in a given row indicate significant differences at the 0.05 level by Tukey's test and ANOVA.

<sup>2)</sup> The values in parentheses are standard deviation.

表 3. 三種乾燥處理竹材腐朽試驗之質量損失率

| 乾燥類別 | 質量損失率(%)   |                                   |
|------|--|-----------------------------------|
|      | White-rot fungi (Lb)                               | Brown-rot fungi (Ls)              |
| 天然乾燥 | <b>12.71<sup>b1)</sup></b><br>(4.41) <sup>2)</sup> | <b>7.21<sup>b</sup></b><br>(0.52) |
| 傳統乾燥 | <b>8.57<sup>ab</sup></b><br>(1.31)                 | <b>6.56<sup>a</sup></b><br>(1.20) |
| 高溫乾燥 | <b>7.95<sup>a</sup></b><br>(1.91)                  | <b>3.63<sup>a</sup></b><br>(2.21) |

<sup>1)</sup> Different letters in a given row indicate significant differences at the 0.05 level by Tukey's test and ANOVA for different specimens.

<sup>2)</sup> The values in parentheses are standard deviation.

## 引用文獻

- Lo TY, Cui HZ, Tang PWC, Leung HC. (2008)** Strength analysis of bamboo by microscopic investigation of bamboo fiber. *Construction and Building Materials*. 22:1532-1535.
- Kim JJ, Lee SS, Ra JB, Lee HH, Huh NY, Kim GH. (2011)** Fungi associated with bamboo and their decay capabilities. *Holzforschung*. 65: 271-275.
- Wei DS, Schmidt O, Liese W. (2013)** Durability test of bamboo against fungi according to EN standards. *European Journal of Wood and Wood Products*. 71: 551-556.



## 木本植物種實油脂之分析

顧文君<sup>1)</sup> 馬復京<sup>2)</sup> 朱紀實<sup>3)</sup> 許富蘭<sup>1)\*</sup>

### 緒言

植物之油脂廣泛存在於果實、種子、花、葉、莖枝與根等器官，但以種子含油量較高。台灣地屬熱帶與亞熱帶區域，一般油脂植物的果實、果肉、種子或種仁含油量在 20% 以上的科(屬)，如藤黃科(*Guttiferae*) 含油量在 20%~30%之間，而大戟科(*Euphorbiaceae*) 及茶科(*Theaceae*)含油量在 30%~40%之間。

大戟科(*Euphorbiaceae*)烏桕(*Sapium sebiferum* L. Roxb.)，又名木蠟樹、柏子樹與木油樹，俗名 Chinese tallow tree，其種子外層提取的固體油脂稱為皮油或柏脂(vegetable tallow)，從種仁中提取的液體油稱為梓油(stillingia oil)。柏脂無異味、無毒性，是一種重要的工業原料，廣泛用於食品、醫藥、化工、橡膠等行業。梓油於常溫下為液態，因含有 2，4-癸二烯酸共軛酸(2,4-decadienoic acid conjugate acid)，有毒性，不能食用，一般作為工業用油。

大戟科(*Euphorbiaceae*)石栗(*Aleurites moluccana*)，又名燭果樹、黑桐油樹、油果、油桃、海胡桃與南洋石栗等，為常綠大喬木。石栗果實之種仁萃取而得果油，傳統上可用於皮膚表層之輕微燒傷、乾裂與輕微擦傷等治療。若將此油脂添加在乳液或乳霜中，或與維他命配合使用，對成人與嬰兒之濕疹患者具有良好之療效，同時可作為肌膚按摩之滑潤油。

藤黃科(*Guttiferae*) 紅厚殼屬(*Calophyllum* genus)瓊崖海棠(*C. inophyllum* L.)，又名胡桐木、海桐木、君子樹海棠木等，為常綠喬木。其種仁經榨取或溶劑萃取後得到瓊崖海棠油可作為香料。瓊崖海棠油可預防或治療對過量紫外線所造成傷害，有良好的滲透性與吸收性，能使皮膚柔嫩而富有彈性，可應用於美妝與護膚用品。

本研究探討木本植物種實烏桕、石栗與瓊崖海棠之油脂脂肪酸組成分，並以紅外線光譜與紫外可見光光譜分析其油脂之特性。

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所森林化學組，10066 台北市南海路 53 號。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 台北市南海路 53 號。

<sup>3)</sup> 國立嘉義大學生命科學院微免與生藥系，60004 嘉義市學府路 300 號。

\* 通訊作者，E-mail: flchu @tfri.gov.tw。

## 試驗材料與方法

### 一、試驗材料

烏柏種子採集自嘉義太保地區之成熟果實，經人工去除外種殼，取得乳白色脂質種子後備用；石栗果實係採集自台北地區之成熟果實，經人工去除果皮與種殼，種仁儲藏備用；瓊崖海棠係採集自嘉義縣東石鄉鰲鼓地區之成熟落果，去除果皮與種殼後，種仁儲藏備用。同時為比較，亦已市售茶油與橄欖油進行試驗分析。

### 二、試驗方法

#### (一) 油脂萃取

1. 烏柏果實去除果殼，取得外層乳白色含脂種子，以蒸氣加熱蒸熟後，將種子之乳白色脂質與種子分離。乳白色脂質在 60°C 水浴，以乙醇萃取柏脂。粉碎機粉碎種子後，於 60°C 之水浴以正己烷溶劑萃取梓油，計算含油率，供作油脂分析。
2. 石栗種仁經 75°C 乾燥 24 小時後，先行破碎，再於 60°C 之水浴，以正己烷萃取種仁油，計算含油率，並作油脂分析。
3. 瓊崖海棠種仁經 75°C 乾燥 24 小時後，先壓碎再以正己烷萃取種仁油，計算含油率，並作油脂分析。又將該油品以溶劑萃取抽提物，所剩之油品稱為萃後油。

#### (二) 油脂之性質分析

1. 油品色差值係以分光色差儀(MINOLTA CM-3600d)，測油品之色差值 ( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ )，並以色差值判定油品色澤之趨勢。
2. 採用氣相層析儀(Agilent 6890N GC-FID)，進樣口溫度 80°C，柱溫 250°C，載氣流速 1 ml/min，檢測氣溫度 250°C，分流比 20:1，氫氣流速 40 ml/min。並計算飽和脂肪酸與不飽和脂肪酸之含量與相對含量比。
3. 採用衰減全反射傅立葉變換紅外光譜儀(ATR- FTIR Varian-2000)，以  $600\text{ cm}^{-1}\sim 4000\text{ cm}^{-1}$  之波數，掃描解析度為  $4\text{ cm}^{-1}$ ，掃描次數為 32 次，測定三種油品之紅外線吸收光譜。
4. 採用紫外線分光儀((HITACHI,U-3010)，以 200 nm~400 nm 之波長分析三種油品之紫外線吸收值。

## 結果與結論

由氣相層析儀分析結果得知，柏脂之脂肪酸中，主要成分為棕櫚酸與油酸，其含量分別為 67.5%與 30.5%，可作為類可可脂之原料。梓油之不飽和脂肪酸較高，而以  $\alpha$ -亞麻酸與亞油酸含量較高，分別為 39.3%和 30.8%。 $\alpha$ -亞麻酸與亞油酸為人體所必需之脂肪酸，若能將梓油進行多次分離和純化，應具有相當大之市場潛力。石栗種仁油棕櫚酸之含量為 6.2%、硬脂酸之含量為 3.5%、油酸之含量為 18.5%、亞油酸之含量為 44.5%、亞麻酸為之含量為 26.6%。不飽和脂肪酸與飽和脂肪酸之含量分別為 89.6%與 9.7%。上述石栗之亞油酸、亞麻酸與棕櫚酸等油脂之含量較大部分植物高，顯示是一種潛在的優質油脂資源。瓊崖海棠油脂肪酸以棕櫚酸、硬脂酸、油酸、亞油酸等十六碳酸與十八碳酸為主，總含量 97.4~98.4%；其中棕櫚酸與硬脂酸飽和脂肪酸含量 29.1~31.2%，油酸與亞油酸不飽和脂肪酸含量 66.9~69.3%，其飽和脂肪酸：單不飽和脂肪酸：多不飽和脂肪酸組成比例近似 1：1：1，較其他油脂植物之脂肪酸比例，較接近聯合國世界糧農組織 FAO 與美國心臟病協會 AHA 建議之膳食中脂肪酸比例。

油脂特徵係於紅外線光譜在波數 2926 與 2854  $\text{cm}^{-1}$  處，主要為  $-\text{CH}_2-$  的不對稱伸縮振動和對稱伸縮振動的吸收峰，1745  $\text{cm}^{-1}$  為酯基或羧基  $\text{C}=\text{O}$  伸縮振動吸收峰。由試驗結果得知瓊崖海棠油、石栗種仁油、烏柏梓油、烏柏柏脂、市售茶油與橄欖油之紅外線光譜圖在上述波數中均有明顯之吸收峰，尤其以 1745  $\text{cm}^{-1}$  之油脂特徵最為明顯，三種種石油脂之吸收峰皆與市售茶油與橄欖油之油脂特徵相似，如圖 1 所示。

由紫外線分光儀之試驗結果得知，瓊崖海棠油紫外線吸收值較石栗種仁油、烏柏梓油、烏柏柏脂、市售茶油與橄欖油者高。瓊崖海棠油在紫外區具有良好的吸收值，顯示對紫外線擁有較佳之遮蔽作用，如圖 2 所示。依此特性，將其運用於美妝防曬用品中，可開發出不同功效之防曬產品。由紫外分光光譜儀之光譜圖得知梓油油脂在 260 nm 有明顯之吸收峰，顯示梓油含有 2,4-癸二烯酸，為梓油四酯成分之一，具有應用前景之化工原料。

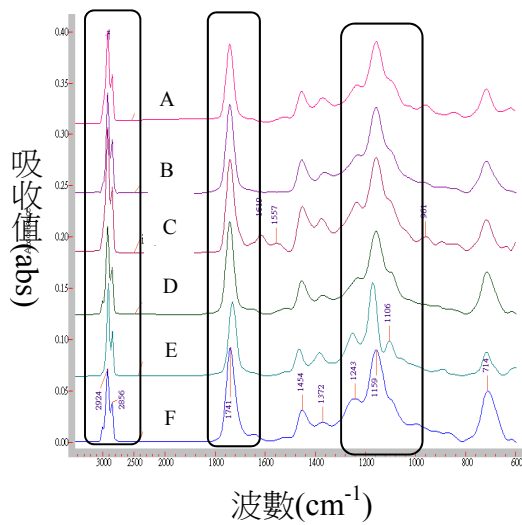


圖 1. 油樣之紅外線光譜圖  
 A 茶油；B-橄欖油；C-瓊崖海棠油；  
 D-石栗油；E-烏柏梓油；F-烏柏柏脂

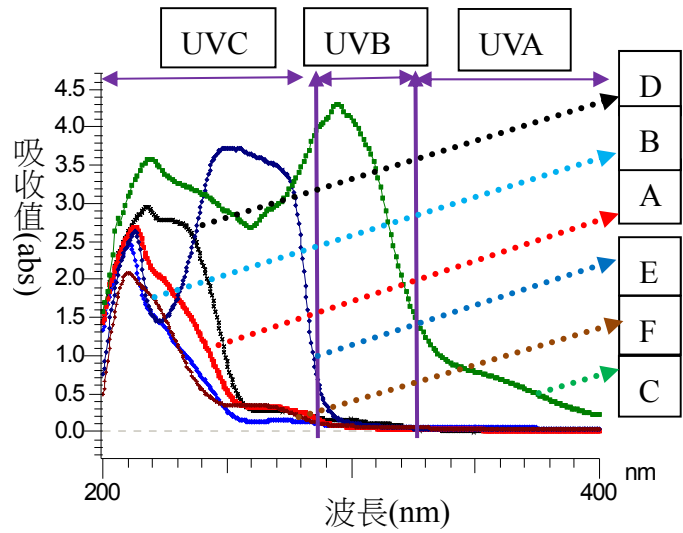


圖 2. 瓊崖海棠油之紫外線光譜圖  
 A-茶油；B-橄欖茶；C-瓊崖海棠油；  
 D-石栗油；E-烏柏梓油；F-烏柏柏脂

### 引用文獻

徐令儀、饒文娟 (2012) 海棠果素的化學結構與紫外光譜理論研究。中華科技大學53: 131-140。

劉昌盛 (2008) 木本油料石栗的初步研究。中國油料作物學報(2): 110-111。

Yang XQ, Pan H, Zeng T, Shupe TF, Hse CY (2013) Extraction and Characterization of Seed Oil from Naturally Grown Chinese Tallow Trees, Journal of the American Oil Chemists' Society. 90(3): 459-466.

## 以代謝體學分析策略探索台灣杉木酚素生合成遺傳變異及其心材形成機制

曹乃文<sup>1)</sup> 潘信鴻<sup>1)</sup> 簡世昌<sup>2)</sup> 孫英玄<sup>3)</sup> 曲芳華<sup>4)</sup> 王升陽<sup>5)\*</sup>

### 緒言

台灣杉(*Taiwania cryptomerioides* Hayata)為台灣本土重要經濟樹種，分布於海拔 1800-2600 公尺之間，屬第三紀孑遺植物。目前已從台灣杉之根、木材、葉、樹皮中分離出超過百種化合物。研究發現台灣杉心材萜類化合物具有極佳之抗菌、抗蟻及抗白蟻活性，因而適用於傢俱建築用材。另外，二萜類成分也具有抗氧化及抗發炎之活性，木酚素則會誘導癌細胞進行細胞凋亡之作用，顯示台灣杉之二次代謝物亦具有發展成醫藥保健產品之潛力(Chang et al. 2003)。心材的形成是木本植物重要的生理作用，但是到目前對於心材形成機制還仍有許多待釐清之處。Kampe 和 Magel (2013)將心材形成之機制歸納為兩大類型，分別是第 I 型(Robinia-type)和第 II 型(Juglans-type)；第 I 型指的是酚類化合物之累積是在移行帶(transition zone)才開始產生，邊材並沒有任何前驅物的出現；第 II 型則是邊材就有酚類前驅物開始累積，到了移行帶時，累積的酚類前驅物會轉化成酚類化合物，同時在此階段會有新二次代謝物生合成。由於台灣杉二次代謝物具有優良之生物活性，而目前地球面臨著永續發展及環境保護之議題，因此利用育種或生物合成技術提高有效成分的產量變成了重要之課題。在此之前須先了解目標化合物之生合成路徑及其參與之基因和酵素。心材的形成與二次代謝物的累積之間有著密切之關係，因此探討台灣杉心材形成時功能性基因之表達，將有助於解決木酚素生合成路徑之研究。本研究利用核磁共振儀(NMR)及液相層析質譜儀(LC-MS)建立高通量之台灣杉二次代謝物分析系統，且探討木酚素在橫切面之含量變化；並以 1981 年於出雲山培育之台灣杉苗木研究台灣杉族群間基因差異與二次代謝物分布之關係。

<sup>1)</sup> 國立中興大學森林學系研究生，40227 台中市國光路 250 號。

<sup>2)</sup> 國立中興大學實驗林管理處副研究員，40227 台中市國光路 250 號。

<sup>3)</sup> 國立中興大學森林學系助理教授，40227 台中市國光路 250 號。

<sup>4)</sup> 國立台灣大學森林環境暨資源學系教授，10617 台北市羅斯福路四段 1 號。

<sup>5)</sup> 國立中興大學森林學系特聘教授，40227 台中市國光路 250 號。

\* 通訊作者，taiwanfir@dragon.nchu.edu.tw。

## 方法

試材取自中興大學實驗林管理處惠蓀林場及林務局東勢林管處出雲山苗圃，台灣杉心、邊材分別進行二次代謝物萃取、分離、鑑定，並將分離之化合物用作後續實驗之標準品。於 2014 年 8 月利用生長錐取出惠蓀林場 30 年生台灣杉之木芯，並將其等分成邊材(SW)、移行帶(TZ)、心材外側(hW-1)、心材內側(hW-2)、髓心(P)五個部分，以甲醇萃取二次代謝物後，再以 LC-MS 進行木酚素定量分析。2014 年 10 月同樣在惠蓀林場砍伐一顆樹高 20 m 之 30 年生台灣杉，將其枝條去除後，從樹冠開始，每 0.8 m 取一段，共 25 段，每段切取約 5cm 厚之圓盤，最後再進行對剖處理；針對第 4、5、7、17、24 段之圓盤，分別於移行帶及心材初生區域挖取約 1 cm × 1 cm × 1 cm 之試材，這些試材亦以甲醇萃取並以 LC-MS 定量木酚素之含量。於 2015 年 1 月採集出雲山苗圃 35 年生之台灣杉，依地理位置劃分為 5 個樣區，共 35 種基因型，來自 4 個種源(關山、竹東、大雪山、大甲)，其中來自關山之基因型編號為 1-17，來自竹東之基因型編號為 18-21，來自大雪山之基因型編號為 22-27，來自大甲之基因型編號為 28-35。利用生長錐於胸高直徑 1.2 m 處、往正東方向取出約 8-10 cm 之木芯，每個樣區約採集 34 個木芯，共採集 170 個木芯，木芯編號為：樣區-基因型(例 3-13 為第 3 樣區第 13 種基因型)。每根木芯以變色的界線標定為中心點，由中心點向左及向右延伸約 0.5 cm，此共 1 cm 長度之區域標記為移行帶，移行帶往心材之方向每 2 cm 為一段，分別標定為心材外側與心材內側；移行帶往外之方向則通通歸為邊材。將心材外側之樣本利用甲醇進行萃取，最後再以 NMR 及 LC-MS 分析，所有分析皆有做標準化處理。將 NMR 及 LC-MS 分析後得到之數據進行主成分分析(PCA)及變異數分析(ANOVA)，接著再根據 ANOVA 的結果計算廣義遺傳率(broad-sense heritability)。

## 結果與結論

為了研究二次代謝物與調控心材形成基因間之相互關係，首先以 NMR 及 LC-MS 分析 170 株台灣杉之二次代謝物。利用 PCA 分析 NMR 之數據，結果顯示對於台灣杉二次代謝物之分群，環境效應相較於種源間或基因型間影響較大，在 LC-MS 之分析結果也是有相同之趨勢，再根據 LC-MS 分析之負荷量(loading value)可以得知影響最大之二次代謝物為分子量 314 和 360 之化合物，由分子量與質譜裂片推測此二個化合物應為二萜類化合物 taiwaniaquinone H 和 taiwaniaquinone E，又此兩化合物來自於同樣之生合成路徑。再將 NMR 之數據進行 ANOVA 分析並計算其廣義遺傳率，發現廣義遺傳率大於

0.1 的有積分訊號 14、22、23、28、32、34、35、37、49、50、52、53、54，而這些訊號可以對應到 savinin、hinokinin、taiwanin A、taiwanin E 等化合物，但這些訊號的顯著性差異在環境影響上還是比較大。由於 NMR 的訊號易受其他化合物之影響，因此針對這 170 株台灣杉選出 6 種具代表性的木酚素作定量分析，再將數據進行 ANOVA 及廣義遺傳率之計算，結果發現其中 hinokinin、savinin、helioxanthin 廣義遺傳率高達 0.8-0.9 之間，且在基因型間比較有顯著性差異，另外以 PCA 分析也可發現其受環境效應影響之分群效果較不明顯。因此，從這些結果推測環境效應對於萜類化合物的影響較大，而木酚素之生合成受基因之調控效應較大。

為瞭解台灣杉心邊材間二次代謝物之差異，本研究單獨萃取邊材之二次代謝物，並將其分離鑑定，到目前為止共分離出 33 個化合物，其中有 11 個木酚素類結構，這個結果顯示台灣杉並不屬於前人所歸納之兩種心材形成類型。從橫切面之抽出物收率分布情形可以發現，二次代謝物在移行帶時開始大量的產生，在心材外側達到最高，接著抽出物收率往髓心方向開始遞減，應證了前人研究在心材形成時會開始累積二次代謝物，而髓心部分則由於是未成熟材的關係，收率會比成熟材還要低。針對台灣杉 6 種具代表性之木酚素來作定量分析，結果顯示除了 taiwanin A 外，其他 5 種都可在邊材發現它們的存在，且都在移行帶時開始大量的產生，在心材外側達到最高，呼應了不同部位抽出物收率變化之結果。從縱向分析的結果也證實，抽出物之收率在心材外側都比移行帶來得高，木酚素定量分析的結果也有同樣的趨勢；另外，這也是首次發現台灣杉在第 4 段木(距樹梢約 3 公尺處)之第 11 年輪處開始有心材的形成。根據這些結果，本研究發現台灣杉邊材即生成木酚素結構，因此推測台灣杉應為過去未被歸類之新的心材形成類型，將其命名為第 III 型(Taiwania-type)心材形成機制。本研究並根據木酚素含量之變化提出台灣杉 dibenzyl- $\gamma$ -butyrolactone 及 aryl-naphthalide 兩種骨架木酚素之生合成路徑假說。

本研究提出一種新的心材形成機制，台灣杉型(Taiwania-type)心材形成機制，且在心材形成時會大量表達木酚素生合成之基因以產生大量之木酚素化合物。Taiwanin A 為僅在台灣杉中才具有之化合物，同時 taiwanin A 表現出顯著之生物活性，本研究發現它只在移行帶時才開始製造，也就是說在台灣杉心材形成時才會啟動製造 taiwanin A 之特殊酵素，此發現有利於未來快速篩選 taiwanin A 之生合成調控基因及育種之方向。

## 引用文獻

**Chang ST, Wang SY, Kuo YH. (2003)** Resources and bioactive substances from *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides*). *J. Wood Sci.* 49:1-4.

**Kampe A, Magel E. (2013)** New insights into heartwood and heartwood formation. In Jorg F (eds) *Cellular Aspects of Wood Formation*. Springer Heidelberg, pp. 71-88.

**Tsao NW, Sun YH, Chien SC, Chu FH, Chang ST, Kuo YH, Wang SY. (2016)** Content and distribution of lignans in *Taiwania cryptomerioides* Hayata. *Holzforschung* 70: 511-518.

## 氯化鈉鹽分濃度與處理時間對台灣欒樹種子發芽屬性影響之研究

陳嘉蔚<sup>1)</sup> 林虔隆<sup>1)\*</sup>

### 緒言

種子是植物生命蟄伏的一種方式，但它常受到陽光(包括溫度)、空氣(包括氧氣)、和水(包括鹽分)等外在環境的影響。其中鹽分的種類樣式、濃度高低、與時間長短在在影響種子發芽是否能順利成功。一般而言，成熟種子會在外界環境鹽分濃度變低且影響時間短之情形下(如雨季之後)發芽，尤其是受到氯化鈉鹽分之影響。本研究使用近海水鹽分濃度(3%)之氯化鈉溶液模擬種子發芽之時受到外在環境影響時間之長短，選用稍具厚度種殼之台灣欒樹種子，藉以瞭解氯化鈉鹽分濃度與處理時間對其發芽屬性之影響。

### 方法

於新北市三峽區海洋公園內逢機選擇樹高約 5~6 m 之台灣欒樹樣木 7 株，每株至少採集 200 粒種子，以夾鏈袋封存於冰箱冷藏室直至實驗開始。

於實驗室分別秤取試藥級氯化鈉粉末 0.5、1.0、1.5、2.0g 於燒杯內，以少許去離子水溶解，再以 500ml 定積瓶定積，藉以配置成 1、2、3、4 g NaCl L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O 的氯化鈉鹽分溶液，並以不添加任何氯化鈉鹽分的去離子水做為對照組。種子發芽試驗以培養皿濾紙紙上發芽法進行之：於培養皿底盤內放置 2.5cm 見方之玻璃片兩片，上覆 Whatman 一號濾紙乙張，然後以約 2cc 試液濕潤濾紙，將 25 粒台灣欒樹種子以 5×5 方式排列於濾紙上，蓋上上蓋後將整個培養皿放入生長控制箱內觀察每日種子發芽數量並記錄之。生長控制箱的設置條件如下：光照 16hr，溫度 30°C；黑暗 8hr，溫度 20°C。如遇濾紙呈現乾燥情形，則添加適量去離子水使鹽分濃度不致變化過劇。鹽分處理 14 天之後將台灣欒樹種子以去離子水漂洗以去除可能殘留於種子上面之氯化鈉鹽分，並換上新的培養皿與濾紙，以去離子水濕潤濾紙並維持，繼續觀察種子每日發芽情形 14 天。當胚根之長度達種子直徑兩倍以上時視為發芽。另外為了解氯化鈉鹽分處理時間對台灣欒樹種子發芽之影響，以同樣方式進行種子發芽試驗，唯將鹽分處理時間由 14 天延長為 21 天。

<sup>1)</sup> 中國文化大學農學院森林暨自然保育學系，11114 台北市士林華岡路 55 號大功館 312 室。

\* 通訊作者，E-mail: cllin@faculty.pccu.edu.tw。

種子發芽資料之計算：

$$\text{種子發芽率}(GP, \%) = \frac{\sum_{i=1}^{tt} GN_i}{25} \times 100\% \qquad \text{平均發芽日}(MGD, \text{天}) = \frac{\sum_{i=1}^{tt} i \times GN_i}{\sum_{i=1}^{tt} GN_i}$$

式中，tt：鹽分處理時間(14 天或 21 天，即處理效應消失前天數)，或種子發芽實驗觀察期間(28 天或 35 天，即鹽分處理天數+鹽分處理消失後天數)。

$GN_i$ ：第 i 天之種子發芽數。

資料分析：將台灣欒樹種子發芽記錄輸入於 Microsoft Office Excel 試算表內以計算種子發芽率與平均發芽日，然後以 PC SAS 9.0 版套裝分析軟體用 5×2 複因子設計進行變異數分析：氯化鈉鹽分濃度 0, 1, 2, 3, 與 4 g NaCl L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O 五變級和處理時間 14 天與 21 天二變級，而 7 株台灣欒樹樣本發芽資料為重複。處理效應若達 5%顯著水準，則以最小顯著差異(least significant difference, LSD)法進行處理均數間之比較。

## 結果與結論

由圖 1 知台灣欒樹種子發芽率在鹽分處理效應消失後雖高於鹽分處理效應消失前，然二者之間無差異；台灣欒樹種子發芽率會隨鹽分濃度增加而呈現直線降低之情形。

圖 2 則顯示台灣欒樹種子之平均發芽日在鹽分處理效應消失後雖大於鹽分處理效應消失前；雖然鹽分處理 14 天後之種子平均發芽日雖極顯著大於處理效應消失前者，但鹽分處理 21 天之種子平均發芽日在處理效應消失前後則無差異；台灣欒樹種子之平均發芽日會隨鹽分濃度增加而呈現直線延長之情形。

所以，台灣欒樹種子在 0~4 g NaCl L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O 鹽分處理下能發芽，鹽分處理效應消失後仍能發芽，然種子發芽率會隨鹽分濃度增加而降低，種子之平均發芽日則呈現延長情形。

## 引用文獻

- 巫玉春 (2000) 種子含水率及儲藏溫度對茄苳、台灣欒樹及紅檜種子壽命之影響。國立台灣大學森林學研究所碩士論文。
- 林武星、谷凌、朱煒、聶森 (2013) 鹽分及乾旱脅迫對臺灣海桐和臺灣欒樹的影響研究。福建農林大學碩士論文。

林虔隆、賴一 (2003) 聚乙烯醇模擬水勢處理對木麻黃種子活力影響之研究。華岡農科學報 11: 61-72。

林虔隆、郭大德 (2004) 氯化鈉溶液處理濃度與處理時間對木麻黃種子發芽表現影響之研究。華岡農科學報 13: 95-110。

郭篤宗 (2008) 不同鹽分處理對甜瓜種子發芽與生長之影響。國立宜蘭大學園藝學研究所碩士論文。

陳財輝 (2008) 海岸防風林的營造與機能。興大農業 66: 6-13。

楊甯喻 (2014) 鹽分濃度對台灣欒樹種子發芽率影響之研究。中國文化大學森林暨自然保育學系 103 年度專題討論論文集第 34-1~34-9 頁。

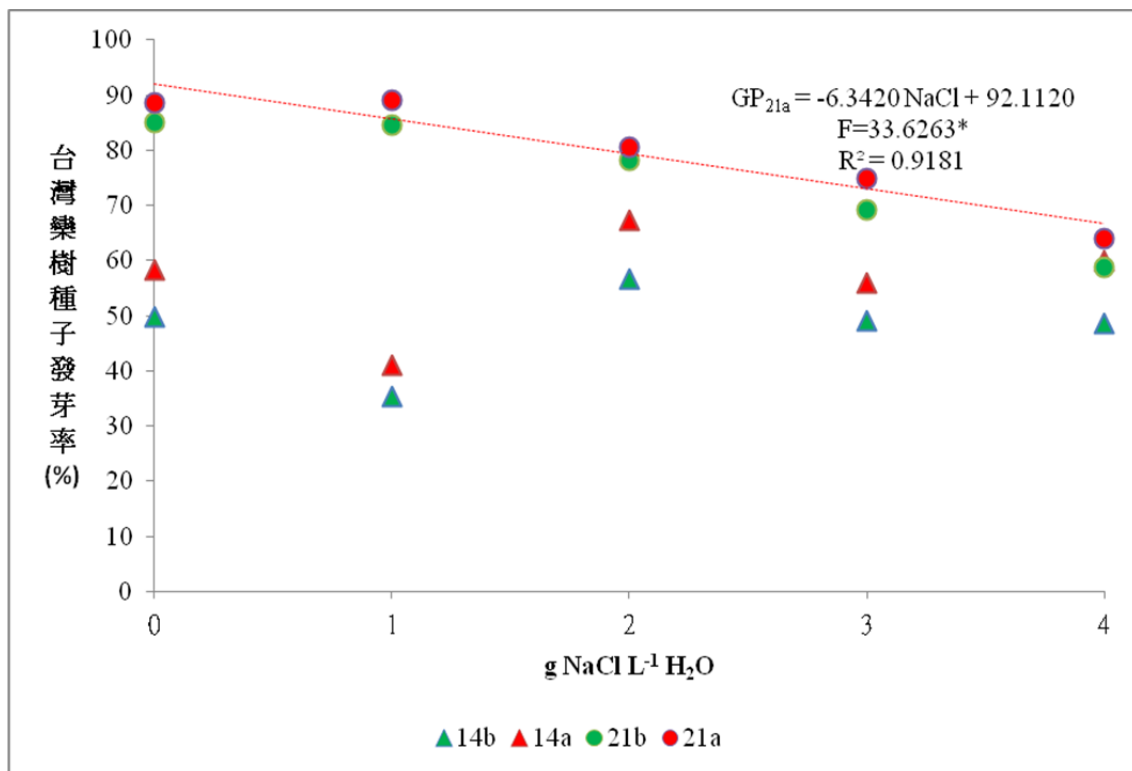


圖 1. 氯化鈉鹽分濃度與處理時間對台灣欒樹種子發芽率之影響。  
14b 或 21b：鹽分溶液處理 14 天或 21 天期間之種子發芽率。  
14a 或 21a：鹽分溶液處理 14 天或 21 天消失後之種子發芽率。

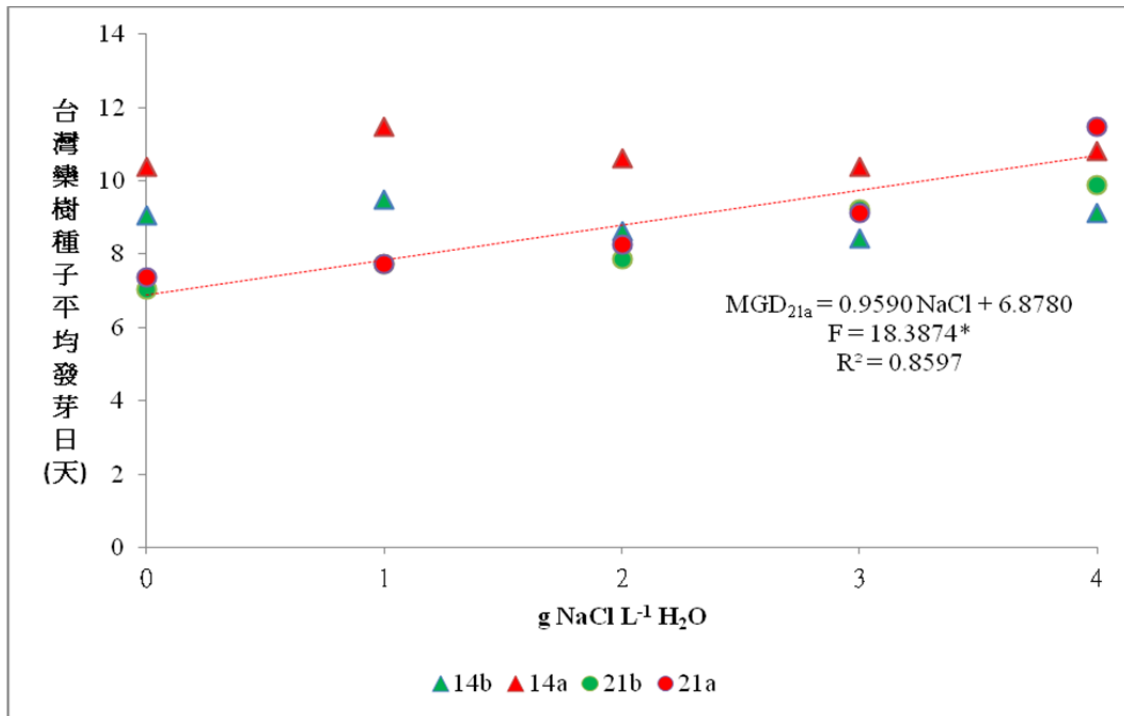


圖 2. 氯化鈉鹽分濃度與處理時間對台灣欒樹種子平均發芽日之影響。  
 14b 或 21b：鹽分溶液處理 14 天或 21 天期間之種子平均發芽日。  
 14a 或 21a：鹽分溶液處理 14 天或 21 天消失後之種子平均發芽日。

## Genetic diversities of *Castanopsis carlesii* Hayata in Taiwan and Fujian - Fuzhou Gushan as an example

Shijiang Cao<sup>1) #</sup>, Zhangtian You<sup>2) #</sup>, Chiachen Wu<sup>3) #</sup>, Shuisheng You<sup>1)</sup>,  
Shutzong Lin<sup>4) \*</sup>, Liqian Guo<sup>1)</sup>

### Introduction

*Castanopsis carlesii* Hayata, Fagaceae, is an evergreen tree species. It and its relatives are widely distributed in the subtropical regions of Fujian and Taiwan. Because of big morphological variations and uncomplete sample information, it is still disputed on the evolutionary relationships and classification status. We found that there are tremendous variations in morphology, such as leaf shape, margin serrate, the numbers of lateral veins pair, blade back color (yellow-brown or silvery white), peduncle, the number and shape of cupula pricked, seed size, etc. when we did field survey in Fujian. It is supposed that the growing regions of *C. carlesii* cover a variety of different environments and altitudes maybe the reason. Are these morphological changes affected by the micro-topography environment (microclimate), or by the large terrain environment (climate zone), or the profound influence of the environmental evolution in geological history period? These morphological variations are genetic or not? To answer these questions, we examined spatial patterns of chloroplast DNA (cpDNA) variation in a total of 6 populations of *C. carlesii* in Fuzhou Gushan area. By study the genetic diversities of *C. carlesii* in Fujian and Taiwan to reveal the postglacial history, gene flow and population expansion of this species.

---

<sup>1)</sup> College Forestry of Fujian Agriculture and Forestry University, Fujian, 350000.

<sup>#</sup> These authors contributed equally to this work and should be considered co-first authors.

<sup>2)</sup> College of Geography of Fujian Normal University, Fujian, 350000.

<sup>3)</sup> Division of Silviculture, Taiwan Forestry Research Institute, No. 53, Nanhai Road, Taipei, 10066, Taiwan.

<sup>4)</sup> Department of Forestry and Natural Resources of Ilan University, No.1, Shennong Road, Ilan, 26047, Taiwan.

\* Corresponding author, E-mail: stlin@niu.edu.tw.

## **Materials and methods**

### **Sampling**

In total, 6 populations of *C. carlesii*, including 89 individuals, were sampled throughout Gushan area in Fuzhou. Sample sizes of each population ranged from 15 to 16 individuals. Young leaves were collected from the field and carried back to the laboratory at the college of forestry, Fujian Agriculture and Forestry University. Each population has 3 types namely big leaf type (length of leaf > 7.5 cm), middle leaf (length of leaf between 5-7.5 cm) and small leaf type (length of leaf < 5 cm). All examined samples were deposited at the Experimental Center in College of Forestry, Fuzhou, Fujian.

### **Genotyping**

Leaf tissue of *C. carlesii* was powdered in liquid nitrogen. Total genomic DNA was extracted from ground leaf powder using CTAB method. The concentration and quality of extracted DNA were checked by 1% agarose gel electrophoresis and nanodrop spectrophotometer. Polymerase chain reaction (PCR), sequencing data (NCBI accession no. AY714626- AY714646) and sequencing were followed the previous study (Cheng et al. 2005).

### **Sequence alignment and phylogenetic analysis**

Multiple alignments of the sequences were obtained using MEGA 6.0 (CLUSTAL W) (Tamura et al., 2013). The haplotype diversity ( $h$ ), nucleotide diversity ( $\pi$ ) and tests of the neutrality, Tajima's  $D$  and Fu & Li's  $D^*$  were calculated with the program DNA sequence polymorphism (Dnasp version 5, Librado & Rozas 2009). InDels in the sequences were treated as a single mutation event. The TCS program version 1.21 was used to construct the phylogenetic network of haplotypes (Clement et al. 2000). The polygenetic tree was reconstructed by MEGA 6.0 with Maximum-likelihood method with 1000 bootstraps. The contribution total diversity was calculated with contrib sofewave (Petit et al. 1998).

## Results and Conclusion

### Chloroplast DNA polymorphism and genetic diversity in Gushan area

The *trnL* intron sequences were examined and sequence lengths varied from 788bp to 796 bp. In total, 9 polymorphic sites (1.3%), with 6 informative sites, were detected. Among polymorphic sites, 7 sites were caused by point mutation, and 2 were the result of insertions or deletions (indels) that included one 6-bp indels which were located at 290-295(*trnL* intron). The dnasp program was used to estimate the genetic diversity at population and types levels. Haplotype (gene) diversity is 0.580 and variance of Haplotype diversity is 0.00069. The Standard Deviation of Haplotype diversity is 0.026. The Nucleotide diversity (per site) is 0.00100, which is smaller than previous study (the Taiwan populations of *C. carlesii*,  $\pi=0.00148$ ) and sampling variance of  $P_i$  is 0. The Standard deviation of  $P_i$  is 0.00018.

### Haplotype polymorphism and distribution in Gushan

8 cpDNA haplotypes were identified from the 9 polymorphic sites of 89 sequences using the TCS program. The distributions and frequencies of these haplotypes are listed in Table 1. Among these 8 haplotypes, 3 haplotypes (1, 2, 3) each occurred in more than two individuals; the other 5 haplotypes (4-8) were singleton, only occurred in one individual. Haplotype diversities ( $H_d$ ) among the total of 3 populations ranged from 0.243 to 0.453 with an average of 0.384. Population GA containing five haplotypes was the most variable population ( $H_d = 0.617$ ). Other populations, such as GR ( $H_d = 0.6$ ), GI ( $H_d = 0.604$ ), GS ( $H_d = 0.582$ ), also contained high levels of haplotype diversity (Table 1). The haplotype diversity of GM and GN only has 2 haplotypes. From the tcs genealogical analysis, haplotypes 1 (40 individuals) and 2 (41 individuals) were identified by one 6-bp indel difference (290-295), one base deletion (298) and one base substitution (676) in the *trnL* intron. These two haplotypes were widely distributed in most populations. Haplotype 3,4 were derived from type 1 due to a substitution (1 and 789). Haplotype 7 was generated from Haplotype 3 by one 6-bp indel difference(290-295)one base substitution(676). Only one base difference (1) was found in haplotype 6 and haplotype 7. Haplotype 6 generated two haplotypes 8 and 5. Haplotype 5 differed with haplotype by one base deletion (789) and one

base substitution (788). In comparison with the population in Taiwan, the haplotype 1 (*trnL* intron) was the same with the haplotype 14 in previous study. The haplotype 14 was only found in the population located at east of Taiwan CMR (Central Mountain Ridge). This haplotype 14 was derived from the widely distributed haplotype in Taiwan. The founder effect is the predicted reason for the unique haplotype in east of Taiwan CMR. The population genetic diversity of Taiwan is higher than Gushan population, this implies that Taiwan is the melting pots and supports the previous inference: one of the refuges is in north of Hsuehshan Range. In our data, the haplotype 1 may original exist in Gushan area before glacial period and migrated to Taiwan.

**Table 1.** Population numbers, sample numbers, location, altitude, estimates of haplotype diversity (*h*), nucleotide diversity (*pi*) and haplotypes of *Castanopsis carlesii* sampled in Gushan area

| Populations   | sample size | Leaf length (cm) | haplotype No. | <i>h</i> | <i>pi</i> x 10 <sup>3</sup> | Polymorphic sites/point mutant/Indel | informative site | Haplotypes (individuals no.) |
|---------------|-------------|------------------|---------------|----------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|------------------------------|
| Total         | 89          |                  | 8             |          |                             | 9/7/2                                | 6                |                              |
| 1.Large leaf  | 31          | >7.5             | 5             | 0.243    | 0.8                         | 9/7/2                                | 4                | 1(26),2(1),3(2),4(1),8(1)    |
| 2.Medium leaf | 28          | 5-7.5            | 4             | 0.458    | 0.71                        | 4/1/3                                | 1                | 1(8),2(20),3(1),5(1)         |
| 3.Small leaf  | 30          | <5               | 4             | 0.453    | 0.64                        | 4/2/2                                | 2                | 1(6),2(20),6(1),7(1)         |
| 4.Taiwan      | 21          | ---              | 21            | 0.734    | 1.48                        | 21/18/3                              | 5                | -----                        |

### Genetic effects on leaves size in Gushan

According to leaf type specimens of *C. carlesii*, the leaf length between 5-7 cm is divided into the middle leaf, larger than 7 cm divided into big leaf, less than 5 cm for the small leaf. Thus, the experimental results of 8 genotypes, 5 big leaf haplotypes as 1, 2, 3, 4 and 8, the number of middle and small leaf are 4, respectively. 1, 2, 3 and 5 for middle leaf type, and 1, 2, 6, and 7 for small leaf type. The morphological variation in genetic is heritable. Compared to Taiwan's existing *C.carlesii* genetic sequences, the sequences of haplotype 1 in Gushan and T13 (haplotype 14) in Taiwan are exactly the same, as haplotype 1 for the most primitive genotype. So it can be seen that after the last ice age of the Quaternary, the sea level rise. The haplotype 1 produced haplotype 2, these two haplotype are the most primitive in Gushan area. In plant taxonomy, *C. carlesii* has two forma, *C. carlesii* f. *carlesii* and *C. carlesii* f. *sessillis*, in Taiwan. Do two forma species exist in Gushan area? Is any correlation between genotype (haplotype 1 or

haplotype 2) and phenotype? We will still do further research to understand these questions in the future work.

## References

- Cheng YP, Hwang SY, Lin TP. (2005)** Potential refugia in Taiwan revealed by the phylogeographical study of *Castanopsis carlesii* Hayata (Fagaceae). [J]. *Molecular Ecology*14(7): 2075-85.
- Ueno, Saneyoshi, Aoki Kyoko, Tsumura Yoshihiko. (2009)** Generation of Expressed Sequence Tags and development of microsatellite markers for *Castanopsis sieboldii* var. *sieboldii* (Fagaceae).[J].*Annals of Forest Science* (EDP Sciences)Vol.66(No.5): 1-11.
- Hiroo Yamada, Masatoshi Ubukata, Ryoji Hashimoto. (2006)** Microsatellite variation and differentiation among local populations of *Castanopsis* species in Japan[J]. *Journal of Plant Research*. Vol.119(NO.1): 69-78.
- Clement M, Posada D, Crandall KA. (2000)** TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Molecular Ecology* 9 (10): 1657-1660.
- Tamura K, Stecher G, Peterson D, Filipski A, Kumar S. (2013)** MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*:30 2725-2729.
- Librado P, Rozas J. (2009)** DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics*. 25 (11): 1451-1452.
- Petit RJ, El Mousadik A, Pons O. (1998)** Identifying populations for conservation on the basis of genetic markers. *Conservation Biology*12(4): 844-855.



## An aquatic but desiccation-tolerant plant *Isoetes taiwanensis* DeVol

Yao-Moan Huang<sup>1)\*</sup> Feng Chih Liu<sup>1)</sup> Li-Ju Ju<sup>1)</sup> Chun-Mei Wang<sup>1)</sup>

### Introduction

Most terrestrial plants are unable to survive when their relative water content (RWC) drops below 20–50%. However, resurrection plants can tolerate almost complete water loss (5–20% RWC) in their vegetative tissue, and can remain alive in the dried state. After rehydration, they are able to resume normal growth and metabolism (Gaff 1971, Hartung et al. 1998, Scott 2000).

Desiccation-tolerant plants often occur on rock outcrops with extreme environmental conditions (extremely severe edaphic dryness and strong isolation) (Tuba and Lichtenthaler 2011). The genus *Isoetes* that is well known as quillworts contains more 200 species and basically belongs to aquatic or semi-aquatic plants (Pfeiffer 1922). There are at least 4 *Isoetes* species with desiccation tolerance and regrow after rehydration (Liao and Yeh 2009).

*Isoetes taiwanensis* DeVol, an endemic plant species occurred around in the shallow swamp – Dream Lake on Yangmingshan National Park in Taiwan. *I. taiwanensis* had been listed as critically endangered species based on the criteria of in the International Union for Conservation of Nature (IUCN) due to restricted to a small natural habitat. *Isoetes taiwanensis* may occasionally encounter drought stress. Herein, we hypothesized that *I. taiwanensis* had desiccation tolerance to overcome such occasional drought. In this study, we test if *I. taiwanensis* belongs a desiccation tolerant species.

### Methods

All sampled plants were propagated from soil spores bank in Taipei Botanical Garden since 2010 (Huang et al. 2015). Total 70 plants are sampled, including 10 and 60 plants under control and air-dried treatments.

*Isoetes taiwanensis* were washed using tap water for 3 times. Then, they were weighted and air-dried on laboratory bench. After air-dried for 1, 2, 3, 6, 9, and 12 months, plants were weighted again. The plant relative weight (rpw) was calculated by following formula:

$$\text{rpw} = \frac{\text{the weight of air-dried plant}}{\text{the weight of fresh plant}} \times 100\%$$

Air-dried leaves and roots were first cut off from the corms. Then, the corms were

---

<sup>1)</sup> Division of Silviculture, Taiwan Forestry Research Institute. 53, Nan-Hai Rd., Taipei.

\* Corresponding author, E-mail: huangym@tfri.gov.tw

completely submerged in clean tap water. The regrowth of corms were observed for 4 weeks. We defined a corm with regrowing ability when newly generated roots and leaves.

## Results

Plants sharply lost water and decrease weight after air dried treatment within two weeks, average rpw was just only 9.1% after the two-week air dry.

After rehydration, viable corms sprout normal and new leaves from the corms within few days. New roots generated from the lower surface after one week culture. Fresh corms completely retained viability and grew. Regrowing ratio gradually decrease when air-dry time span increase. Half of plants still retained viability after 6 month treatment, 30% of plants were viable after 12 months treatment. The average viability of air-dried plants was more than 6.7 months. In addition, there are significantly different between viable and nonviable plants in their original weights, corm sizes, and rpw. A plant with a larger weight, corm size, and higher rpw usually had a higher opportunity to retain viability after drought treatments.

## Discussion

Almost desiccation-tolerant plants could retain original leaves throughout drought stress (Tuba et al. 1998, Le and McQueen-Mason 2006.). In this study, we first documented the desiccation tolerance in *Isoetes taiwanensis* based on the long period viability (>80% survival rate after a 3-month drought treatment), but leaves of *Isoetes* species will lose activity and function after dry treatment. That is, *Isoetes* independently evolve another type of desiccation-tolerance: just retain viability within corms and regrow new leaves and roots. Just like Pfeiffer (1922) mentioned “Some corms are seem to survive the winter or dry season. The perennial character of the corm is not to be doubted in such plants though the leaves do disappear”.

People widely accepted the view that sporadic severely drought likely cause wild extinction of *I. taiwanensis* from the unique habitat (Chang et al. 2006). In current study, *I. taiwanensis* well performed an ability to tolerant a long-period desiccation. When severe dry season begin, dried leaves turn off from dormant corms. In the following rainy season, these dormant corms sprout new leaves and roots.

Particularly, desiccation tolerant vascular plants are suggested to occur on the rock outcrops with small and shallow pools (Porembski and Barthlott 2000). Some desiccation-tolerant *Isoetes* species, such as *I. kimensis*, *I. melanospora*, *I. tegetiformans*, *I.*

*australis*, indeed occur in such habitat (reviewed by Liao and Yeh 2009). Seemly, capacity of desiccation tolerance is more common in *Isoetes* than that is previously expected.

Like most *Isoetes* species, *I. taiwanensis* is reported to be critically endangered and is listed in IUCN Red List (2012). Corm of *Isoetes taiwanensis* may be useful in the *ex situ* conservation because of its desiccation tolerance.

## References

- Chang YT, Yang CM, and Huang MY (2006)** Effect of terrestrial plants on the growth of *Isoetes taiwanensis*. Final report, Yangmingshan National Park.
- Gaff DF (1971)** Desiccation tolerant plants in Southern Africa. *Sci* 174:1033–1034
- Gaff DF, Latz PK (1978)** The occurrence of resurrection plants in the Australian Flora. *Aust. J. Bot.* 26:485–492
- Hartung W, Schiller P, Dietz KJ (1998)** Physiology of poikilohydric plants. Cell biology and physiology. *Progress in Bot* 59:299–327
- Huang YM, Chang YL, Chiou WL (2015)** Soil spore bank of *Isoetes taiwanensis* DeVol (Isoetaceae). *Inter. J. Plant Repro. Bio.* 7:1–7
- Le TN, McQueen-Mason SJ. (2006)** Desiccation-tolerant plants in dry environments. *Rev Environ Sci Biotechnol* 5:269-279.
- Liao YG, Yeh MM (2009)** The desiccation tolerance and planting of *Isoetes taiwanensis* DeVol var. *kinmenensis* F.Y. Liu, H.H. Chen and Y.L. Hsueh. *Nat Conser Season J.* 68:23–27 (in Chinese)
- Pfeiffer NE (1922)** Monograph of the Isoetaceae. *Ann. Miss. Bot. Gard* 9:79–233.
- Porembski S, Barthlott W (2000)** Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants. *Plant Ecol.* 151:19–28.
- Scott P (2000)** Resurrection plants and the secrets of eternal leaf. *Ann of Bot* 85:159–166.
- Tuba Z, Lichtenthaler HK (2011)** Chapter 9: Ecophysiology of homoiochlorophyllous and poikilochlorophyllous desiccation-tolerant plants and vegetations. In: Lüttge U et al (eds) *Plant Desiccation Tolerance, Ecological Studies* 215. Springer-Verlag Berlin Heidelberg pp 157–182.
- Wang JC, Chiou WL and Chang HM (2012)** A Preliminary Red List of Taiwanese Vascular Plants. Endemic Species Research Institute & Taiwan Society of Plant Systematics, Taipei.



## 楓香倍半萜類化合物之季節變化及生合成基因表現

文起祥<sup>1)</sup> 莊羚<sup>1)</sup> 曲芳華<sup>1)\*</sup>

### 緒言

萜類(terpenoids)化合物為植物二次代謝物(secondary metabolites)中結構最為豐富多樣的一群，在植物體主要扮演著防禦及訊息溝通的角色。由於具有多種生物活性，萜類化合物長久以來被用於製藥、香料調製，高產量的萜類化合物也成為許多特用物種的栽培目標。然而，研究顯示有些物種的萜類化合物含量有季節性變化，了解其產量隨季節的改變將有助於增加收穫及探討這些化合物在植物體內的生理意義。

近年來除有研究分析不同物種之萜類化合物成分，也有研究著重於形成萜類複雜之結構的萜類生合成酶(terpene synthase)，後者更有將萜類生合成酶基因轉殖(transform)至其他宿主(host)表現以獲取更高產量的研究方向。在同一個體內，萜類生合成酶基因表現於不同組織部位可能直接影響萜類化合物含量分布，但是受季節或生長發育時期影響的研究較少，且萜類生合成酶的基因表現與該部位組織中之萜類化合物含量的相關性也很少被比較。

楓香(*Liquidambar formosana* Hance)是臺灣原生物種，屬於落葉性喬木，其葉片生理有隨季節改變之特性，十分適合作為季節性變化的研究材料。本研究於楓香轉錄體(transcriptome)資料庫中獲得五個倍半萜(sesquiterpene)生合成酶基因(*LfTPS01-05*)，探討其基因序列特性、基因表現之季節性變化、鑑定主要產物及功能，並預測其基因調控方式。除此之外，分析楓香春季、夏季及冬季葉片精油(essential oil)中之倍半萜類成分，並與五個倍半萜生合成酶之主要產物進行比對。實驗結果顯示並非所有的主要產物含量變化均與基因表現呈相關，說明為獲得特定萜類化合物，應進行多方面的研究了解該化合物生合成特性，再選擇使用較適當的途徑。

### 方法

本研究延續先前研究建立之楓香轉錄體資料庫使用之位於臺灣大學校園內的楓香樣本樹(Wen et al. 2015)為實驗材料，收取 2012 年生長季各月份葉片以液氮冷凍儲存於 -80 冰箱備用。

<sup>1)</sup> 國立台灣大學森林暨環境資源學系，10617 臺北市羅斯福路四段 1 號。

\* 通訊作者，E-mail: fhchu@ntu.edu.tw。

經序列比對，從楓香轉錄體資料庫挑選出五個倍半萜生合成基因，並以 Rapid Amplification of cDNA Ends (RACE)方式獲得基因全長序列。五個基因依純化效率選擇構築於 pTYB21 或 pET21 載體，並以大腸桿菌(*Escherichia coli*)表現蛋白質，以配合載體之方式進行純化。純化之蛋白質以活體外(*in vitro*)方式進行酵素活性反應，使用 gas chromatography/mass spectroscopy (GC/MS)進行反應產物的分析。

2012 年生長季各月份葉片以 Pine Tree 法(Chang et al. 1993)抽取總 RNA，經 DNase I 處理後取 2 µg 反轉錄製備成 cDNA 作為反轉錄聚合酶連鎖反應(reverse-transcription PCR, RT-PCR)觀察基因表現使用之模板。

甲基茉莉酸(methyl jasmonate, MeJA)處理實驗使用兩年生之楓香幼苗為實驗材料。實驗組以 95% MeJA (w/w)配置成的 0.1%水溶液(含 0.1% polyoxyethylene-20(Tween-20))噴灑，控制組使用 0.1% polyoxyethylene-20 水溶液噴灑，分別於不同生長箱放置，於處理後第 0，6，12，18，24，30 小時採收葉片，液氮冷凍研磨後儲存於-80 冰箱備用。

倍半萜類化合物分析使用 150 g 楓香葉片以水蒸餾法處理 6 小時，收取精油以乙酸乙酯稀釋 1000 倍，使用與酵素反應產物分析相同之條件進行 GC/MS 分析。核磁共振(<sup>13</sup>C-nuclear magnetic resonance, <sup>13</sup>C-NMR (CDCl<sub>3</sub>))實驗使用 100 µl 之 2015 年 8 月精油樣本，參考 Kubeczka and Formáček 2002 實驗方法以 Bruker Ascend™ 400 MHz spectrometer 進行分析。

## 結果與討論

在楓香轉錄體資料庫中，萜類化合物主要生合成途徑 mevalonate (MVA)途徑及 methylerythritol 4-phosphate (MEP)途徑上各基因表現有季節性分工的情形，而五個倍半萜生合成酶 *LfTPS01-05* 之表現高峰則分別出現於秋季(*LfTPS01*)、春季至夏季(*LfTPS02*)、春季(*LfTPS03*)、春季(*LfTPS04*)及較不隨季節變化(*LfTPS05*)。五個基因經過 RT-PCR 觀察，發現各基因 2012 年表現量高峰分別出現於 8 至 10 月(*LfTPS01*)、3 月至 7 月(*LfTPS02*)、3 月(*LfTPS03*)及不隨季節變動(*LfTPS04* 及 *LfTPS05*)。為探討 *LfTPS04* 及 *LfTPS05* 可能的調控方式，進行 MeJA 處理發現 *LfTPS03*、*LfTPS04* 及 *LfTPS05* 皆受到 MeJA 誘導，而 *LfTPS01* 及 *LfTPS02* 反應則不明顯，說明 *LfTPS03*、*LfTPS04* 及 *LfTPS05* 可能扮演防禦的角色。

為了解各基因之功能，經基因選殖獲得基因全長序列，發現五個基因皆有萜類生合成酶保守性功能區塊 DDxxD 胺基酸序列。除 *LfTPS05* 之外，其餘四個基因皆有位於 N

端的 RR(X)<sub>8</sub>W 保守性功能區塊，說明 LFTPS05 可能不具有環化前驅物分子的能力。將基因胺基酸序列與其他已發表之萜類生合成基因併接(alignment)並進行演化樹(phylogenetic tree)繪製，結果顯示 LfTPS01-04 與其他雙子葉植物倍半萜生合成酶在 terpene synthase (TPS)類群中，同屬 TPS-a2 類群，而 LfTPS05 則屬於會生成線性產物的 TPS-g 類群。

以大腸桿菌為宿主進行蛋白質表現、純化及反應分析的結果，顯示五個 LfTPS 蛋白質有不同的倍半萜類產物。以 farnesyl pyrophosphate (FPP)為前驅物時，LfTPS01 主要產物為巨環的 hedycaryol (在分析儀器上受熱生成  $\beta$ -elemol)及雙環的 guaiol、T-cadinol 及  $\alpha$ -cadinol。LfTPS02 主要產物為  $\alpha$ -selinene，副產物為 aramadendrene。LfTPS03 主要產出 *trans*- $\beta$ -caryophyllene 以及少量的  $\alpha$ -humulene，兩者在結構上近似。LfTPS04 可生成多種產物，包括 longicyclene、 $\alpha$ -copaene、germacrene D、 $\alpha$ -muurolene、 $\delta$ -cadinene、 $\gamma$ -eudesmol 及一個目前無法鑑定的倍半萜類化合物，從結構上推測大部分為 germacrene D 的衍生物。LfTPS05 如預測結果可生合成線性產物 nerolidol，當給予單萜前驅物 geranyl pyrophosphate (GPP)時則合成 linalool。

以 GC/MS 分析楓香葉部精油，發現 *trans*- $\beta$ -caryophyllene、 $\alpha$ -humulene、 $\alpha$ -selinene、 $\delta$ -cadinene、guaiol 及少量的  $\gamma$ -eudesmol、T-cadinol 和  $\alpha$ -cadinol 出現於 2015 年夏季、冬季及 2016 年春季精油。Longicyclene、 $\alpha$ -copaene、aramadendrene、germacrene D 及  $\beta$ -elemol 僅出現於春季及夏季，aramadendrene 及  $\beta$ -elemol 的含量變化和 LfTPS01 及 LfTPS02 的表現量大致符合。

總結以上研究結果，楓香的五個倍半萜類生合成酶基因 LfTPS01-05 在季節表現上有不同的分工情形。LfTPS01-03 基因表現受季節影響，葉片中 LfTPS01 及 LfTPS02 的部分產物含量隨季節變化。不受季節影響的 LfTPS04 及 LfTPS05 受到 MeJA 處理誘導啟動基因表現，LfTPS04 主要產物在各季節葉片樣本均有發現，而 LfTPS05 產物在各季節中則都沒有發現，可能經由後修飾形成其他的衍生物。透過基因功能鑑定我們了解這五個基因的生合成活性，也顯示出這五個基因在楓香受到不同的調控，更說明了基因表現和產物含量的相關性。

## 引用文獻

**Chang S, Puryear J, Cairney J. (1993)** A simple and efficient method for isolating RNA from pine trees. *Plant Mol Biol Report* 11:113–116. doi: 10.1007/BF02670468.

**Wen CH, Lin SS, Chu FH. (2015)** Transcriptome Analysis of a Subtropical Deciduous Tree: Autumn Leaf Senescence Gene Expression Profile of Formosan Gum. *Plant Cell Physiol* 56:163–174. doi: 10.1093/pcp/pcu160.

## 轉殖赤桉纖維素基因苗木之性狀分析

林巖<sup>1)</sup> 陳振榮<sup>1)</sup> 曲芳華<sup>2)\*</sup> 鍾振德<sup>1)\*</sup>

### 緒言

纖維素是世界上相當豐富的生物聚合物，同時也是植物細胞壁的主要成分之一 (Taylor 2008)。纖維素是由  $\beta$ -1,4-葡萄糖鏈結合成的纖維素合成酶 (cellulose synthase A, CesA) 所形成的 (Delmer 1999, Nishiyama et al. 2002, 2003)，其位於原生質膜上 (Delmer 1987, 1999, Doblin et al. 2002, Somerville 2006, Joshi and Mansfield 2007)。利用冷凍斷裂電子顯微鏡可以觀察到纖維素之構造，稱之為終端複合體 (Terminal complexes) (Kimura et al., 1999)。在細菌或藻類中，終端複合體呈現單一或複合式的排列。而在高等植物中則呈現六邊形蓮花座且為六的倍數的對稱結構 (Delmer 1999, Doblin et al. 2002)。此一結構最早是在富含纖維素的棉花植物纖維中所發現 (Pear et al. 1996)。利用突變模式植物阿拉伯芥研究纖維素合成酶相關基因可知，AtCesA1 和 AtCesA10 (Richmond and Somerville 2000)，AtCesA3、AtCesA1、AtCesA6 是跟初生壁生合成相關 (Arioli et al. 1998, Scheible et al. 2001, Beeckman et al. 2002, Burn et al. 2002, Desprez et al. 2002, Doblin et al. 2002, Zhong et al. 2003)，而出現 AtCesA4、AtCesA7 及 AtCesA8 則是和次生細胞壁生合成有關 (Taylor et al. 1999, 2000, 2003, Gardiner et al. 2003)。但其中 AtCesA2、AtCesA5、AtCesA9、和 AtCesA10 的功能尚未完全了解。此外，在木本植物中，顫楊 (aspen) (Wu et al. 2000, Samuga and Joshi 2002, 2004, Kalluri and Joshi 2003, 2004, Liang and Joshi 2004)，雜交楊 (hybrid poplar) (Djerbi et al. 2004)，桉樹 (Ranik and Myburg 2006, Lin et al. 2012)，火炬松 (Nairn and Haselkorn 2005) 等皆有相關的報告發表。由於赤桉是屬於極具經濟價值的林木，在製漿造紙等工業用途上相當廣泛，因此我們參考前人的研究方法從赤桉的次生發育木質部中選殖出的五個赤桉纖維素合成酶基因，並利用基因轉殖的方式轉殖到赤桉，期望能得到帶有多基因的赤桉林木，提高其纖維素含量，以利在製漿造紙上能提高效率。

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

<sup>2)</sup> 國立台灣大學森林暨環境資源學系，10617 臺北市羅斯福路四段 1 號。

\* 通訊作者，E-mail: fhchu@ntu.edu.tw、chung@tfri.gov.tw。

## 材料與方法

本基因轉殖試驗之赤桉材料是取自編號 48 赤桉種子苗葉片(林業試驗所育林組提供)。將以反轉錄技術所得到之赤桉 cDNA 當作模板，並利用特定序列的引子進行聚合酶連鎖反應得到標的基因-纖維素合成酶基因(cellulose synthase A, *CesAs*)。將纖維素合成酶基因與載體(pCAMBIA 1301 vector)進行接合反應(ligation)後再利用冷休克(cold shock)方式轉入農桿菌(*Agrobacterium tumefaciens* strain, C58)，並以此農桿菌感染編號 48 赤桉種子苗葉片將質體轉殖入赤桉。載體中的 CaMV 35S 啟動子在雙子葉植物中可以提高基因的表現，因此本實驗希望藉由 CaMV 35S 啟動子的功能來增加纖維素合成酶基因的表現。將被農桿菌感染的植物葉片放在合適的固體培基與生長環境當中，經癒傷組織發生、芽體增生、植株長成並馴化至溫室生長約一年生後，以南方墨點分析(southern blot)、即時定量 PCR 分析(qPCR)以植物纖維鑑定(CNS 12888)等方法來檢測赤桉之基因表現與表型之差異。

## 結果與討論

### 一、赤桉纖維素合成酶基因之分類

分析從赤桉中所得到的五個纖維素基因，經由基因庫的比對分類可知 *EcCesA4* 和 *EcCesA5* 是和初生細胞壁的發育有關，而 *EcCesA1*、*EcCesA2* 和 *EcCesA3* 則是與次生細胞壁的合成有關。

### 二、赤桉南方墨點法分析

針對轉殖植物基因片段的檢測，除了先以 PCR 做初步分析外，同時也用具有高度特異性的南方墨點法做二次檢測。將基因組 DNA 經 *EcoRI* 及 *KpnI* 兩種酵素剪切作用後，首先利用 *EcCesA4* 探針檢測出不同品系插入之標的基因數目為 1~3 個複製數(copy number)。但由於此纖維素合成酶基因是從赤桉發育木質部中純化得到，在控制組中亦可以檢測到訊號，因此再以 *Hygromycin* 探針檢測以確認苗木是否帶有轉殖的基因片段。

### 三、即時定量 PCR 檢測 (quantitative real-time PCR)

將帶有標的基因(*EcCesA4*)之赤桉轉殖品系分別編號為 Y6 及 Y7，然後以即時定量 PCR 檢測此基因在控制組與轉殖組赤桉中之表現。針對基因在赤桉發育木質部組織中之

表現分析可知，帶有纖維素合成酶基因的苗木其基因表現量較高，顯示此標的基因在分子層面是有表現的。

#### 四、赤桉纖維長度之比較

將一年生赤桉砍下並剝皮烘乾後，取主幹基部約 1 公分之組織，經由 CNS 研究方法解纖後以高倍率顯微鏡觀察並計算纖維長度。比較未轉殖赤桉與轉殖赤桉之先為平均長度並未有顯著差異，由此推論纖維素合成酶基因並未影響纖維長度之形成。

#### 五、赤桉木材組成分之分析之比較

由於僅帶有 *EcCesA4* 基因之赤桉轉殖品系有成木，因此只能就此單一品系與未轉殖赤桉作分析比較。依據 CNS 木材分析技術，經由醇苯萃取等步驟處理分析一年生赤桉木材中之不同組成分。其結果顯示轉植株之纖維素含量與赤桉 48\_4 號營養系林木並無顯著差異，顯示單一纖維素合成酶基因之轉殖在赤桉表型中並無顯著作用。全纖維素依其對鹼溶解情形可分為  $\alpha$ -纖維素、 $\beta$ -纖維素以及  $\gamma$ -纖維素三種。基轉赤桉之  $\alpha$ -和  $\beta$ -纖維素的含量較未轉植株為高，而及  $\gamma$ -纖維素含量則較低。因  $\alpha$ -纖維素與纖維之生合成相關， $\gamma$ -纖維素則與醣類合成有關，因此推測轉入赤桉之 *EcCesA4* 基因可能與  $\alpha$ -纖維素之增加有正相關(如圖 1 及圖 2)。

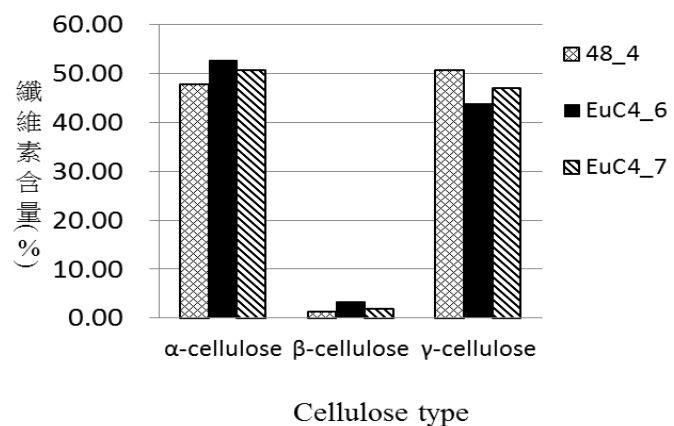
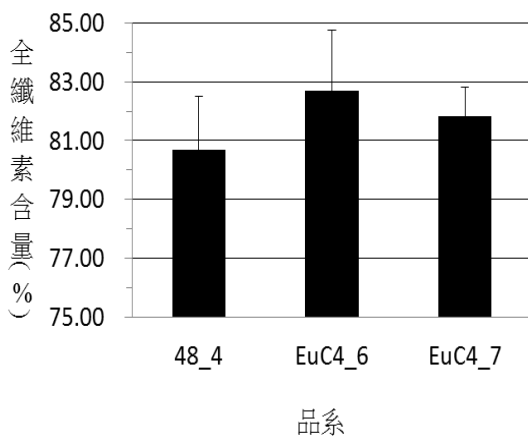


圖 1. 不同赤桉纖維素基因轉植株全纖維素含量之比較。

48\_4 : *Eucalyptus camaldulensis*;

EuC4\_6, EuC4\_7 : *Eucalyptus camaldulensis* + *EcCesA4*。

圖 2. 全纖維素三種組成分  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  之分析比較。

## 參考文獻

- Delmer DP (1999)** Cellulose biosynthesis: exciting times for a difficult field of study. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 50:245-276.
- Doblin MS, Kurek I, Jacob-Wilk D, Delmer DP (2002)** Cellulose biosynthesis in plants: from genes to rosettes. *Plant Cell Physiol* 43:1407-1420.
- Joshi CP, Bandari S, Ranjan P, Kalluri UC, Liang X, Fujino T, Samuga A (2004)** Genomics of cellulose biosynthesis in poplars. *New Phytol* 164:53-61.
- Kalluri UC, Joshi CP (2004)** Differential expression patterns of two cellulose synthase genes are associated with primary and secondary cell wall development in aspen trees. *Planta* 220:47-55.
- Liang X, Joshi CP (2004)** Molecular cloning of ten distinct hypervariable regions from the cellulose synthase gene superfamily in aspen trees. *Tree Physiol* 24:543-550.
- Nairn CJ, Haselkorn T (2005)** Three loblolly pine CesA genes expressed in developing xylem are orthologous to secondary cell wall CesA genes of angiosperms. *New Phytol* 166:907-915.
- Pear JR, Kawagoe Y, Schreckengost WE, Delmer DP, Stalker DM (1996)** Higher plants contain homologs of the bacterial celA genes encoding the catalytic subunit of cellulose synthase. *Proc Natl Acad Sci USA* 93:12637-12642.
- Ranik M, Myburg AA (2006)** Six new cellulose synthase genes from Eucalyptus are associated with primary and secondary cell wall biosynthesis. *Tree Physiol* 26:545-556.
- Richmond T (2000)** Higher plant cellulose synthases. *Genome Biol* 1:1-6 Samuga A,
- Taylor NG, Scheible WR, Cutler S, Somerville CR, Turner SR (1999)** The irregular xylem 3 locus of Arabidopsis encodes a cellulose synthase required for secondary cell wall synthesis. *Plant Cell* 11:769-779.
- Taylor NG, Laurie S, Turner SR (2000)** Multiple cellulose synthase catalytic subunits are required for cellulose synthase in Arabidopsis. *Plant Cell* 12:2529-2539.
- Taylor NG, Howells RM, Huttly AK, Vickers K, Turner SR (2003)** Interactions among three distinct CesA proteins essential for cellulose synthesis. *Proc Natl Acad Sci USA* 100:1450-1455.
- Wu L, Joshi CP, Chiang VL (2000)** A xylem-specific cellulose synthase gene from aspen (*Populus tremuloides*) is responsive to mechanical stress. *Plant J* 22:495-502.

## The study of chloroplast microsatellite markers in *Cinnamomum kanehirae* Hayata and its relative species

Chia-Chen Wu<sup>1)\*</sup> Shu-Hwa Chang<sup>1)</sup> Cheng-Kuen Ho<sup>1)</sup>

### Introduction

*Cinnamomum kanehirae* Hayata (Lauraceae), an endemic and highly valuable tree species in Taiwan, is famous for its natural characters. Because of increasing demands for culturing *Antrodia cinnamomea*, a valuable medicinal fungus growing inside the *C. kanehirae* trunk, the natural populations of *C. kanehirae* decrease rapidly in wild due to overcutting (Liao et al. 2010). The natural regeneration of *C. kanehirae* also decreases because seed germination is very low. In order to understand more *C. kanehirae* genetic information, we reported the complete chloroplast (cp) genomic sequence (Wu et al. 2015). Microsatellites (simple sequence repeat, SSR) were useful for cultivar genotyping and defining the genetic relationship. Recently, the cpSSRs was analyzed and used as a powerful tool for many research fields such as evolutionary population biology and level of differentiation (Powell et al. 1995). The cp genomes are typically non-recombination, uniparentally inherited and effectively haploid (Grassi et al. 2002). In this study, we analyzed the chloroplast microsatellites and genotyped. Nineteen primers were tested on 24 samples (including the same genus species, *C. micranthum* and *C. camphora*) and evaluated their variation.

### Methods

#### Plant materials

The leaf samples of *C. kanehirae* for genotyping were collected from plant tissue culture lab of Taiwan forest research institute and their genomic DNA was extracted from fresh and young leaves by using modified CTAB method (Chang et al. 1993). All the fresh plant materials for nucleotide extraction were treated by liquid nitrogen and quickly stored in -80°C refrigerator.

#### Bioinformation and genotyping analysis

The chloroplast genomic sequence which was deposited in NCBI (accession number: KR01425) was used for microsatellite analysis. For microsatellite sequence analysis, the

---

<sup>1)</sup> Silviculture Division, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, 10066 No.53, Nanhai Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City.

\* Corresponding author, E-mail: chiachen@tfri.gov.tw.

GRAMENE Ssrtool software was used (SSR repeat number above three) for identifying SSR regions. The Batchprimer software was used for primer design. PCR amplification of the SSR markers was performed on Veriti 96-Well Fast Thermal Cycler (Applied Biosystems) in 30 ul PCR reaction volume containing 50ng genomic DNA. In order to reduce the cost of fluorescent primer labelling, the M13-tailed primer method was used. The modified PCR assays from the previous study (Hayden et al. 2008) were used in our study. SSR genotyping analysis was performed on ABI3730 DNA analyzer (Applied Biosystems) at National Center for Genome Medicine, Academia Sinica in Taipei city, Taiwan. The SSR allele sizes were scored by GeneMapper v4.0 (Applied Biosystems). The scored data were analyzed with Haplotype Analysis software V1.05 and Structure software.

## Results and Conclusion

In total, 91 SSRs were detected, 19 of these SSRs could be designed primer sets. The tri-nucleotide repeat was most abundant (69) with 75.8% of total SSRs, following by di-nucleotide repeat (30.1%), penta-nucleotide repeat (9.5%) and tetra-nucleotide repeat (9.1%).

In preliminary survey, DNA amplification with 19 primer pairs showed that 9 out of 19 loci were polymorphic in a total 24 samples. All loci generate ten haplotypes in all the samples. Loci in *C. kanehirae* showed no size variation, except locus ckcpsr4. Five loci, ckcpsr2, 4, 5, 8, and 19 in *C. micranthum* showed two different size variations. *C. kanehirae* had one unique allele size (224 bp) at locus, ckcpsr10 which was different from *C. micranthum* and *C. camphora* (223 bp). The size of 223 bp of *C. micranthum* was different from *C. kanehirae* (220 bp) at locus ckcpsr18. Ckcpsr2 also showed polymorphism between *C. kanehirae* (214 bp) and *C. micranthum* (210 or 212 bp). Thus, ckcpsr2 and 18 could be used for identifying these two species. In our data, the *C. camphora* showed highly diversity. *C. camphora* samples were be clustered to three groups. Three groups were located in Eastern, Southern-west and Northern. According previous reports, *C. camphora* were complex and identified into many forma species by their composition of essential oil. These cpSSR markers provided interesting information for further study. Besides cpSSR data, we predicted the insertion and deletion (Indel) regions in cp genome in *C. camphora*. The variant Indels exist among *C. camphora* individuals. It has the potential as a useful DNA marker in identify the *C. camphora* variants. We will continually explore these three kinds of species' sequence and their correlation of their phenotype in the future research works.

## Acknowledgements

We thank the National Center for Genome Medicine at Academia Sinica, Taiwan, for technical/bioinformatics support. This Center was supported by grants from the National Core Facility Program for Biotechnology of National Science Council, Taiwan. We also thank the Ministry of Science and Technology, Taiwan supported this work and gave the grant (MOST 102-2313-B-054-003-MY3) and National Yang-Ming University VYM Genome Research Center provided the sequencing service assistance.

## References

- Chang S, Puryear J, Cairney J. (1993)** A simple and efficient method for isolating RNA from pine trees. *Plant Mol. Biol. Report.* 11, 113-116. doi:10.1007/BF02670468
- Grassi F, Labra M, Scienza A, Imazio S. (2002)** Chloroplast SSR markers to assess DNA diversity in wild and cultivated grapevines. *Vitis* 41, 157-158.
- Hayden MJ, Nguyen TM, Waterman A, Chalmers KJ. (2008)** Multiplex-Ready PCR : A new method for multiplexed SSR and SNP genotyping 12, 1-12.  
doi:10.1186/1471-2164-9-80
- Liao PC, Kuo DC, Lin CC, Ho KC, Lin TP, Hwang SY. (2010)** Historical spatial range expansion and a very recent bottleneck of *Cinnamomum kanehirae* Hay. (Lauraceae) in Taiwan inferred from nuclear genes. *BMC Evol. Biol.* 10, 124.  
doi:10.1186/1471-2148-10-124
- Powell W, Morgante M, McDevitt R, Vendramin GG, Rafalski JA. (1995)** Polymorphic simple sequence repeat regions in chloroplast genomes: applications to the population genetics of pines. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 92, 7759-7763.  
doi:10.1073/pnas.92.17.7759
- Wu CC, Ho CK, Chang SH. (2015)** The complete chloroplast genome of *Cinnamomum kanehirae* Hayata (Lauraceae). *Mitochondrial DNA* 00, 1-2.  
doi:10.3109/19401736.2015.1043541.



## 台灣相思樹嫁接困難的原因推測

洪聖峰<sup>1)</sup> 何政坤<sup>2)</sup> 陳永修<sup>3)\*</sup>

### 緒言

台灣相思樹(以下簡稱相思樹)以往因種子繁殖容易、生長快速、耐旱、耐濕、且耐烈日及強風，曾是臺灣早期最主要的造林樹種之一，其木材可作為薪炭、枕木、礦坑支柱、農具、家具、地板、造船等多種用途(黃于庭等 2015a)，但因木質材料被取代及產業轉型等因素，造林及相關研究在臺灣曾沉寂多年。因年平均碳吸存量達 $2.48 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ (林國銓等 2007)而受到肯定；又因加工利用技術日益增進也大幅提高其木材價值，此外亦是菇蕈類栽植介質的良好原料；原住民族早已將當地相思樹屬植物應用在治療頭痛、喉病、皮膚炎、抗炎及作為收斂劑(黃于庭等 2015b)，近年來有用物質的研究頗具成果，在DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)自由基清除試驗、超氧自由基(Superoxide radical)清除試驗、脂質過氧化等試驗均具有極佳的活性(黃于庭等 2007)；所以目前台灣相思樹再次受到強烈關注。

在木材利用上，取材樹型通直具較高枝下高者，可以大幅降低製材成本，台灣相思樹選種及繁殖等相關研究確有必要加強。高大通直之母樹選擇容易，然而採種卻相對困難，且由於相思樹果莢常會遭蟲入侵取食，所以待野外種子自然成熟再進行採集，大部分均已被蛀食，可發芽種子比率低。因此有必要建立採種母樹園，在人為操作下進行種子生產，以確保健康種子之獲得無虞。在此前提下，無性繁殖矮化優良母樹種子園之養成成為重要工作項目，依傳統扦插法之插穗發根潛力似乎不高，可能是母樹年齡的關係，且不定根較實生根弱勢，將來採種母樹之維持及經營恐怕會產生問題。故較可行之方式需仰賴嫁接法，而相思樹之嫁接，至今並無研究資料可供參考，因此研究團隊首要啟動工作除了採集各地區選擇優良母樹外，就屬嫁接法之操作模式確立最為迫切。然而，自2011年起即開始進行相思樹嫁接研究，至今對嫁接成活率低落狀況仍無法突破。本文即就以往嫁接試驗結果進行檢討，推測相思樹難嫁接之原因，為後續研究提供參考及建議。

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所恆春研究中心，94644 屏東縣恆春鎮墾丁里公園路 203 號。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市中正區南海路 53 號。

<sup>3)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里中庄 198 號。

\* 通訊作者，E-mail: cyh@tfri.gov.tw。

## 方法

- 一、嫁接操作：採用切(劈)接法(Cleft-grafting)進行嫁接，以林務局田中苗圃育成2-3年生實生苗為砧木(離土表10-15 cm處之幹徑約1-2 cm)，各地區採集得優良母樹成年性枝條為接穗。接穗不存留任何葉片，每一接穗留取2芽(或以上)，長度約2-3 cm，接合後以電器膠布固定砧穗，並以石蠟膜纏繞接穗，防止失水。
- 二、優良母樹：為各地選種採集者包含宜蘭、太麻里、恆春、六龜及嘉義種源，除宜蘭8株，六龜9株外，其餘均為10株。
- 三、太麻里嫁接：2011年3月進行，除六龜種源外，其餘種源均進行嫁接，每株母樹嫁接20株，共760株。
- 四、中埔嫁接：同太麻里嫁接年月及材料，但每母樹嫁接數量減半，共380株。
- 五、六龜嫁接：同太麻里嫁接年月，但僅進行六龜種源，每母樹嫁接20株，共180株。
- 六、周年試驗：從2014年1月至12月每月上旬採取2011年嫁接成活定植於南鳳林道之相思樹穗條進行嫁接，包含宜蘭、太麻里、恆春、六龜及嘉義種源，每種源每月(宜蘭種源僅4-12月)嫁接21株，共105株，全年共1197株。
- 七、調查分析：量測接穗徑長並分別於嫁接後1個月及3個月進行成活狀況調查，數據以Excel作初步整理，再以CoStat統計軟體進行各處理間之差異分析，以Excel軟體繪圖。

## 結果與結論

以大部分常綠樹種之三月嫁接適期於2011進行台灣相思樹嫁接試驗(方法3, 4, 5)，但得到之成活率偏低，平均 $16.3\% \pm 21.0\%$ 。其中最低是宜蘭種源在嘉義嫁接，為 $1.39\% \pm 6.8\%$ ；最高為嘉義種源於太麻里嫁接，亦僅 $31.0\% \pm 21.2\%$ ，且標準差均偏高(表1)，可見種源間及種源內母樹間差異均大。少數恆春及六龜種源穗條嫁接成活後立即產生花苞並開花，可見南部母樹於三月採穗時已完成花芽分化，這種現象在中、北、東部族群之接穗則未發現，可見台灣各區台灣相思樹之物候並非同步。未切中最佳嫁接時機導致成活率不佳，種源性質差異也可能是重要因子，包括遺傳及生理年齡。所以，三月可能不是相思樹的最佳嫁接時期，且同地區的不同樹體在生理或物候都可能存在明顯差異。

由太麻里進行嫁接者之總成活率顯著高於在嘉義嫁接者得知現採穗條直接嫁接有較佳成活效果，所以相思樹穗條似乎不耐貯藏。二處嫁接接穗是同批採集，採集後立即

於太麻里嫁接，經低溫保濕貯藏(不帶葉，5°C，2週)後進行嘉義嫁接，品質下降程度最高的是恆春種源，由20.5%±24.2%降至2.2%±12.2%，其它種源包含宜蘭及嘉義亦均大幅滑落，例外的是太麻里接穗，貯藏後成活率不但沒下降，反由22.5%±19.3%微幅升至23.8%±25.6%，雖然差異不顯著，但這個現象也成為導致嫁接地點與種源出現交感效應(表2)的主因。另據蔡佳彬等人2015(尚未發表)在六龜的試驗顯示，低溫保濕貯藏(帶葉，5°C，2週)可提高嫁接成活率。芽體及葉是植物感受低溫的重要部位，嫁接成活是否因帶葉貯藏而較佳？又本試驗中太麻里穗條是否有較多或較敏感芽體，均有待進一步確認。

表1. 台灣相思樹2011年3月嫁接成活率

| 嫁接地點/種源                             | 平均成活率(%)          | 標準差(%) | 最低成活率(%) | 最高成活率(%) |
|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| 嘉義 <sup>B</sup>                     | 9.0               | 18.192 | 0.0      | 75.0     |
| 嘉義 <sup>de</sup>                    | 8.6               | 13.6   | 0.0      | 33.3     |
| 恆春 <sup>e</sup>                     | 2.2               | 12.2   | 0.0      | 66.7     |
| 宜蘭 <sup>e</sup>                     | 1.4               | 6.8    | 0.0      | 33.3     |
| 太麻里 <sup>ab</sup>                   | 23.8              | 25.6   | 0.0      | 75.0     |
| 六龜 <sup>B</sup> / 六龜 <sup>bcd</sup> | 14.4              | 20.063 | 0.0      | 60.0     |
| 太麻里 <sup>A</sup>                    | 22.0              | 21.562 | 0.0      | 80.0     |
| 嘉義 <sup>a</sup>                     | 31.0              | 21.2   | 0.0      | 80.0     |
| 恆春 <sup>bc</sup>                    | 20.5              | 24.2   | 0.0      | 80.0     |
| 宜蘭 <sup>cd</sup>                    | 11.9              | 16.7   | 0.0      | 60.0     |
| 太麻里 <sup>b</sup>                    | 22.5              | 19.3   | 0.0      | 60.0     |
| 總和                                  | 16.3 <sup>y</sup> | 21.0   | 0.0      | 80.0     |
| (嫁接後1個月)                            | 31.3 <sup>x</sup> | 31.1   | 0.0      | 100.0    |

註：除特別註明為嫁接後1個月成活資料外，其餘為嫁接後3個月成活資料。  
同類上標之不同字母表示差異顯著，標準為LSD機率小於0.05。

表2. 嫁接地點與穗條採集地區之變異數分析

| Source              | df  | SS       | MS        | F        | P      |     |
|---------------------|-----|----------|-----------|----------|--------|-----|
| <b>Main Effects</b> |     |          |           |          |        |     |
| 嫁接地點                | 1   | 1.050132 | 1.050132  | 28.88692 | 0      | *** |
| 穗種源                 | 3   | 0.992649 | 0.330883  | 9.101895 | 0      | *** |
| <b>Interaction</b>  |     |          |           |          |        |     |
| 嫁接地點×穗種源            | 3   | 0.535289 | 0.17843   | 4.908223 | 0.0024 | **  |
| Error               | 290 | 10.54243 | 0.0363532 |          |        |     |
| Total               | 298 | 13.1621  |           |          |        |     |

註：差異顯著性標準為LSD機率小於0.05\*, 0.01\*\*, 0.001\*\*\*。

進一步於2014年進行周年試驗(方法6)，顯示最佳嫁接月份為一月，成活率23.8%±22.7%；三月嫁接成活率排名第6，僅4.8%±5.5%，顯示三月確非相思樹的最佳嫁接時期。

與2011年試驗結果類似，整體嫁接成活率仍然低落，且整體標準差亦均偏高，其中十一及十二2個月分成活率均為0% (表3)。

表3. 嫁接種源間及月份間之成活率比較

| 排序          | 種源／嫁接月份  | 平均成活率(%) | 標準差(%) | 差異顯著性 |
|-------------|----------|----------|--------|-------|
| <b>種源</b>   |          |          |        |       |
| 1           | 嘉義(C)    | 21.2     | 16.9   | A     |
| 2           | 六龜(L)    | 9.1      | 13.0   | B     |
| 3           | 宜蘭(I)    | 8.0      | 7.7    | BC    |
| 4           | 恆春(H)    | 10.8     | 7.0    | BC    |
| 5           | 太麻里(T)   | 14.8     | 16.1   | C     |
| <b>嫁接月份</b> |          |          |        |       |
| 1           | 一月(Jan)  | 23.8     | 22.7   | a     |
| 2           | 八月(Aug)  | 16.2     | 17.0   | b     |
| 3           | 六月(Jun)  | 14.3     | 19.1   | b     |
| 4           | 五月(May)  | 10.5     | 10.9   | bc    |
| 5           | 七月(Jul)  | 5.7      | 7.8    | cd    |
| 6           | 三月(Mar)  | 4.8      | 5.5    | cd    |
| 7           | 九月(Sep)  | 4.8      | 3.4    | cd    |
| 8           | 四月(Apr)  | 2.9      | 6.4    | d     |
| 9           | 二月(Feb)  | 2.4      | 2.8    | d     |
| 10          | 十月(Oct)  | 1.9      | 4.3    | d     |
| 11          | 十一月(Nov) | 0        | -      | -     |
| 12          | 十二月(Dec) | 0        | -      | -     |

註：差異顯著性以同類字母表示，不同字母為達 LSD 機率小於 0.05 之顯著標準。

接穗形質也可能影響嫁接成活，大部分穗徑介於3-8 mm之間，本試驗將接穗粗細以0.5 mm為級距進行分級比較，雖然徑級越大有成活率越高的趨勢，但種源間差異大，無法明確指出最適合的徑級，也有可能是其它因子之影響大，而淡化了徑級的影響，但採用穗徑建議不要小於3.5 mm，也不要大於7.5 mm。另據觀察，相思樹未完全木質化枝幹的樹皮薄，且與木質部連結不甚牢固，容易因輕微外力擠壓就產生剝離情形，所以在操作時(尤其纏繞膠帶進行固定)若發生樹皮剝離，也就可能無法成活。徑級越大除了儲藏養分較多的因素外，相對木質化程度較高，樹皮也越穩定，是否也因此造成大徑級穗成活率較佳的趨勢，值得探究。

本試驗採用的砧木及接穗為同種，理論上應不具有嫁接不親合情形，但據陳怡蓀(尚未發表)在遺傳距離分析的研究指出，台灣相思樹各地族群有分化現象，也不能排除有境外移入的可能。因此，砧木苗的種質來源可能也需深入探究，未來可嘗試以不同種源

實生苗做為砧木進行驗證。已證實多種不利於嫁接的植物化學物質，其中單寧(酚類化合物) (Usenik et al. 2006)在相思樹的含量甚為豐富(黃于庭等 2015b)，是否因此提高嫁接難度，以及如何解決，都需要深入研究探討。相對的，使用有利嫁接成活的物質如生長素類(Sundberg et al. 1991)也值得嘗試。

可以嫁接成活的物種但成活率無法提高，都應該歸因於尚未達最佳條件，除了嫁接時機及操作法可能需修正外，嫁接後之水份、溫度及光度也會造成影響。試驗中已成功抽梢展葉又枯萎的狀況占相當高的比例(表1)，應該是無法供應新抽出之枝葉足夠蒸散所需水分。過大的機械力(人力、風力等)導致未完全癒合的嫁接面水分輸導失去連貫，或穗部新生枝葉成長太快，但砧穗間連結或維管束新生速率太慢，最後導致水分供需失調而嫁接失敗。

本試驗顯示相思樹並非容易嫁接的物種，總結可能原因為：(1)常綠樹種物候生理變化不明顯、不固定，且不整齊，因此嫁接適期難掌握。(2)採穗母樹條件(生理狀態、生理年齡)不適合嫁接。(3)砧木及接穗需前處理以調整生理狀態，如砧木健化或接穗低溫處理。(4)嫁接不親合。(5)癒合情況或砧穗共同新生維管束生成速率與穗芽發育速率不匹配。(6)存在不利嫁接的化學物質，如單寧，需清除或抑制；或借助有利嫁接物質，如NAA。(7)物理因子影響，如相思樹皮薄且易剝離，操作時容易造成無法察覺的損傷。

觀察定植後的嫁接相思樹，無論營養或生殖生長均正常，迅速開花結果且矮化效果佳，是作為採種母樹園的優良材料。日後有賴更完整、更深入的探討以提升嫁接成活率，作為優良品系繁殖或人工育種操作的基礎。

## 引用文獻

林國銓、杜清澤、黃菊美 (2007) 苗栗地區相思樹和木油桐人工林碳和氮累積量及生產量之估算。中華林學季刊40(2): 201-218。

黃于庭、陳育涵、葉汀峰、顏佩翎、張上鎮 (2015a) 相思樹材部4種生物活性成分徑向含量之變異。中華林學季刊48(3): 283-294。

黃于庭、陳育涵、葉汀峰、顏佩翎、張上鎮 (2015b) 相思樹材部酚類化合物與抗氧化活性之縱向及徑向變異。中華林學季刊48(3): 251-262。

黃志煜、童鈺棠、林修賢、張上鎮 (2007) 相思樹花應用於抗氧化花茶之潛能。中華林學季刊40(1):123-133。

**Sundberg B, Little CHA, Cui K, Sundberg G. (1991)** Level of endogenous indole-3-acetic acid in the stem of *Pinus sylvestris* in relation to the seasonal variation of cambial activity. *Plant Cell Environ.* 14:241-246.

**Usenik V, Krska B, Vican M, Stampar F. (2006)** Early detection of graft incompatibility in apricot (*Prunus armeniaca* L.) using phenol analyses. *Sci. Hort.* 109:332-338.

## 蕨類隱性綠色孢子

黃曜謀<sup>1)\*</sup> 曾梅慧<sup>2)</sup>

### 緒言

蕨類(含石松類植物)孢子傳統上依肉眼觀察顏色概分成綠色孢子與非綠色孢子兩型，綠色孢子乃因含有葉綠素所以呈現綠色。依孢子內存在葉綠素與否，綠色孢子與非綠色孢子又分別稱為葉綠素孢子與非葉綠素孢子(Lloyd and Klekowski 1970)。綠色孢子與非綠色孢子除了質體組成有差異以外，有關其孢子活力(通常包含孢子壽命及發芽速度層面)、休眠能力及保存方式，已有多篇研究報告深入探討。一般而言，綠色孢子壽命短且發芽速度快，無休眠現象，需以低溫或超低溫延長壽命；而非綠色孢子則壽命較長，發芽速度慢，因有休眠現象，所以在常溫條件下，即可維持較長壽命(例如Lloyd and Klekowski 1970, Pence 2000, Quintanilla et al. 2002)。直至最近Sundue等人(2011)發現有些非綠色孢子在螢光顯微鏡下經藍光激發會發出紅色螢光，認為這些紅色螢光來自於孢子內葉綠素，由於這群孢子兼具綠色與非綠色孢子特性即其孢子含有葉綠素，但外觀卻非為綠色，所以稱之為隱性葉綠素孢子(crytochlorophyllous spores)。後為配合傳統習慣用法讓大眾更容易接受，又更名為「隱性綠色孢子」。由於Sundue等人(2011)在報告中也提出隱性綠色孢子的生物性狀是否與其它類型孢子有所差異的疑問，但至今都尚未有試驗加以證實。

本研究以台灣蕨類植物為主要研究對象，是從林業試驗所植物標本館(TFRI)之臘葉標本上取蕨類孢子，利用螢光顯微鏡下觀察孢子經藍光激發後所發出螢光情形，調查螢光顏色類別、螢光強度及分布位置。除此之外，更進一步蒐集多種蕨類之新鮮孢子進行螢光光譜收集、吸收光譜分析及孢子活力試驗。

### 方法

孢子的收集：從林業試驗所植物標本館標本中收集台灣六百多種蕨類物種之孢子作為樣品。若該被調查物種的孢子材料不足，則另外至野外採集孢子材料以供試驗。

螢光顯微鏡：將待測孢子放置載玻片上，藉由具有螢光設備的螢光顯微鏡，發射出

---

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 台北市中正區南海路 53 號。

\* 通訊作者，E-mail: huangym@tfri.gov.tw。

<sup>2)</sup> 臺北市立大學應用物理暨化學系，10048 台北市中正區愛國西路 1 號。

的一個高能量波長的藍光光線，以激發出一個綠色或紅色的低能量螢光的原理，來探測孢子內是否含有葉綠素，並使用數位相機拍攝螢光圖像。

測定吸收光譜：利用不含鏽鋼珠的乾冰降溫均質機，將蕨類孢子磨碎成為樣本。為了降低酵素之活力，萃取過程中皆以液態氮維持低溫(Lichtenthaler 1987)。再利用微量多樣本同步測定儀，進行萃取液之全光譜掃描，測定光譜範圍為420-1000 nm。

孢子活力試驗：從已證實為具隱性綠色孢子的蕨類中，挑選出2個物種之孢子進行孢子活力試驗；另外再取3種綠色與非綠色蕨類孢子進行比對。

## 結果

本研究已完成37科620種台灣原生蕨類之螢光顯微鏡檢視，其中有10科43種非屬綠色蕨類孢子出現紅色螢光反應，而且此孢子紅色螢光位置與強度與綠色孢子者截然不同。綠色孢子螢光鮮紅均勻遍布整顆孢子，而這些非屬綠色孢子螢光則通常較為晦暗且集中在孢子周圍或呈點狀散布。經進一步將三種〔波氏星蕨(*Lepidomicrosorium burgerianum*)、萊氏星蕨(*Leptochilus wrightii*)、橢圓線蕨(*Leptochilus pothifolia*)〕出現紅色螢光之蕨類的新鮮孢子，進行吸收光譜分析，顯示皆有葉綠素分子的特徵波峰表現(註：吸收光譜藍光區與紅光區有明顯波峰，藍光區432-434nm、457-460nm，紅光區為664-667nm)；因此，首次證實上述三種蕨類之孢子屬於具隱性綠色孢子。

另孢子活力初步試驗顯示，孢子在室溫(23-27°C)儲存條件下，經為期20週的貯藏試驗，筆筒樹(*Sphaeropteris lepifera*)之非綠色孢子一直維持有高度發芽率，粗齒革葉紫萁(*Osmunda banksiaefolia*)與紫萁(*Osmunda japonica*)之綠色孢子，其孢子發芽率在室溫下，明顯隨儲存時間而快速下降，甚至在第10週就已完全喪失活力；橢圓線蕨與萊氏線蕨之隱性綠色孢子，其發芽率趨勢則依種類不同而略有差異，橢圓線蕨孢子儲存至第12週之前，孢子發芽率僅隨時間而緩速遞減，當儲存時間達12週後，孢子便快速喪失活力，萊氏線蕨孢子則在儲存前期(<8週)內快速喪失活力，但在8-16週的儲存期之間，其孢子發芽率並無顯著差異，在第16週後才又出現另一快速下降趨勢。由於試驗還在持續進行中，所以無法精確計算出橢圓線蕨與萊氏線蕨隱性綠色孢子之平均壽命，然就目前所獲資料結果顯示隱性綠色孢子壽命是介於綠色孢子與非綠色孢子之間。

## 結論

台灣為蕨類分佈熱點之一，涵蓋有現生蕨類約80%的科別，被視為重要蕨類熱點之一。然而台灣與世界其他地區一樣原生蕨類正面臨生育地破碎化、過度採集、病原入侵及氣候變遷等威脅，造成族群數量急遽減少甚至發生地區性滅絕現象(Arcand et al. 2008)。有鑑於此，蕨類的保育工作益顯重要，蕨類植物主要藉由孢子進行有性繁殖，以其具有體積小、數量多之特色，十分適合當做種源保存材料，為此國內外已有許多單位建立蕨類孢子庫，以維護生物多樣性(Dyer 1979, 黃曜謀等 2003)。蕨類孢子的類型與活力息息相關，綠色孢子在採收後，常溫下壽命僅能維持數天或數月之久；而非綠色孢子，其壽命可維持數月或多年之久(Stokey and Atkinson 1956, Lloyd and Klekowski 1970, Page 1979)，我們的初步資料雖顯示參試種類所含有的隱性綠色孢子壽命是介於綠色與非綠色孢子之間，然因受限測試種數少，可能有代表性不足之虞，所以將擴增受測物種數。此外，在我們檢測試驗出現紅色螢光的蕨類名單中，不乏有亟須保育的物種，包括：嚴重瀕絕(CR)\_大葉舌蕨、日本卷柏；瀕臨滅絕(EN)\_琉球卷柏；易受害(VU)\_細葉狗脊蕨、銳頭舌蕨、華東瘤足蕨、無柄車前蕨；接近威脅(NT)\_哈氏狗脊蕨、蘿蔓藤蕨、連珠蕨(表 1)，所以若可以針對不同孢子類型建立蕨類孢子庫分類管理方式，不論是確保孢子活力或保育稀有蕨類植物的種源豐富性，都將有莫大的實質幫助。

## 引用文獻

- 黃曜謀、翁韶良、邱文良 (2003) 蕨類植物孢子的收集與保存。台灣林業科學18: 75-79。
- Arcand NN, Ranker TA (2008) Conservation biology. In: Ranker TA, Haufler CH (eds). *Biology and evolution of ferns and lycophytes*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Dyer AF. (1979) The culture of fern gametophytes for experimental investigation. In: Dyer AF, editor. *The experimental biology of fern*. London: Academic Press. p 253-305.
- Lichtenthaler HK. (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 148: 350-382.
- Lloyd RM, Klekowski EJ Jr. (1970) Spore germination and viability in Pteridophyta: evolutionary significance of chlorenchymous spores. *Biotropica* 2: 129-137.
- Page CN. (1979) Experimental aspects of fern ecology. In: Dyer AF (ed). *The experimental biology of ferns*. London: Academic Press. p 551-589.

- Pence VC. (2000)** Survival of chlorophyllous and nonchlorophyllous fern spores through exposure to liquid nitrogen. *American Fern Journal* 90: 119-126.
- Quintanilla LG, Amigo J, Pangua E, Pajarón S. (2002)** Effect of storage method on spore viability in five globally threatened fern species. *Annals of Botany* 90: 461-467.
- Stokey AG, Atkinson LR. (1956)** The gametophyte of the Osmundaceae. *Phytomorphology* 6: 9-40.
- Sundue M, Vasco A, Moran RC. (2011)** Cryptochlorophyllous Spores in Ferns: Nongreen spores that contain chlorophyll. *International Journal of Plant Sciences* 172: 1110-1119.

## 鐵冬青、呂宋莢蒾、臺灣小檗和阿里山十大功勞種子發芽休眠之研究

陳舜英<sup>1)\*</sup> 簡慶德<sup>2)</sup> 蔡仔涵<sup>2)</sup> 蘇信瑋<sup>2)</sup> 王玉婷<sup>2)</sup>

### 緒言

冬青科(Aquifoliaceae)植物在臺灣只有冬青屬(*Ilex*)，1 屬 21 種及 4 變種，大部分為常綠灌木或小喬木，僅糊樗(*I. formosana*)、朱紅水木(*I. micrococca*)、鐵冬青(*I. rotunda*)為常綠中喬木或大喬木。多樣化的冬青科植物可做為景觀綠化，但使用者不多，可能與苗木不易取得有關。忍冬科(Caprifoliaceae)莢蒾屬(*Viburnum*)植物在臺灣有 14 種和 2 變種，灌木或小喬木，大部分物種生長在中、高海拔山區，只有呂宋莢蒾(*V. luzonicum*)和珊瑚樹(*V. odoratissimum*)生長在低海拔地區。莢蒾屬植物花小白色，聚繖花序成頂生繖房或圓錐狀排列，果實有紅色、藍黑色或紅轉黑色等，雖可被用為庭園綠美化，但栽種者不多。小檗科(Berberidaceae)植物在臺灣有 3 屬，小檗屬(*Berberis*)、十大功勞屬(*Mahonia*)和八角蓮屬(*Dysosma*)，大都生長在中高海拔溫帶地區，其中小檗屬有 7 種，皆為特有種，漿果黑色或紅色；十大功勞屬有 2 種，阿里山十大功勞(*M. oiwakensis*)和十大功勞(*M. japonica*)，漿果藍紫色。小檗屬和十大功勞屬植物含有多種植物鹼(alkaloids)，具藥用成分。本研究探討鐵冬青、呂宋莢蒾、臺灣小檗(*B. kawakamii*)和阿里山十大功勞種子發芽能力，瞭解種子休眠性，並藉由種子在不同的採收地點，比較當地的氣候與種子不同的發芽溫度下之發芽率，推測氣候暖化對物種族群生存的影響。

### 方法

#### 一、種子採集

鐵冬青和呂宋莢蒾種子分別於 2012 年 11 月和 2013 年 12 月採自低海拔台北陽明山和屏東滿州鄉各二處；臺灣小檗種子於 2015 年 11 月採自海拔 3,000 m 合歡山，以上採集地點皆位於天然林內。阿里山十大功勞種子於 2016 年 4 月採自嘉義石棹海拔 1600 m 人工栽植株。種子採收後將果肉洗除，新鮮沉水種子將用為發芽試驗和解剖觀察。

<sup>1)</sup> 行政院農委會林業試驗所蓮華池研究中心，55543 南投縣魚池鄉五城村華龍巷 43 號。

\* 通訊作者，E-mail: sychen@tfri.gov.tw。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 台北市中正區南海路 53 號。

## 二、種子發芽試驗

種子發芽箱設定溫度為變溫 30/20°C、30/15°C、25/15°C、20/10°C、15/5°C 和定溫 25°C，每天光照 12 小時，另 12 小時無光照，24 小時一循環。所有的發芽試驗皆為三重複，每重覆 50 或 100 粒，依採種數量多寡而定。每星期檢查紀錄一次種子發芽粒數，並將發芽的種子挑出來。種子發芽試驗使用的介質是濕水苔(moist sphagnum moss)，水苔使用前先浸水 2 小時，再用水洗三次及去除雜質，最後將濕水苔用手擰乾，切成碎片使用。

## 三、種子胚發育觀察試驗

胚觀察試驗從新鮮種子開始，每 2-4 星期檢查量測一次胚大小，以瞭解胚發育生長情形。當觀察小粒種子時，先用刀片切開種子，然後在解剖顯微鏡下用測微尺量測胚大小和拍照。

種子平均發芽率(%)是根據胚根已突破種皮，長度  $\geq 2\text{mm}$  之種子數量與發芽試驗總數量計算獲得。利用 Excel 軟體取得發芽率平均值和標準誤差，此平均發芽率是 3 重複的平均值。種子發芽速率以  $T_{50}$  表示之，即種子達到 50%發芽率所需的天數。

## 結果與討論

### 一、鐵冬青種子發芽

採自北部的種子，20 週後開始發芽，發芽最適溫度為 20/10°C，46 週後達最高發芽率 80%，其次是 25/15°C，59 週後的種子發芽率 74%，而 30/20°C 之種子發芽率 30%，25°C 之種子發芽率 1% (圖 1)。採自南部鐵冬青種子，10 週後開始發芽，以 25/15°C 之發芽速度最快，20 週後達最高發芽率 85%，其次是 30/20°C，30 週後達最高發芽率 82%，而 25°C 種子最高發芽率 69%，15/5°C 之種子發芽率 32% (圖 1)。鐵冬青種子胚小，且種子需要 30 天以上才開始發芽，因此種子有形態生理的休眠。臺灣南北溫差約 2-3°C，從圖 1 結果，北部種子有較深的休眠性，且發芽最適溫度比南部低。換言之，北部的鐵冬青樹種，因生育地氣溫低些，種子發芽適溫也低，南部樹種生育地氣溫高，種子發芽適溫高。這些南北種子發芽差異，值得我們思考是當全球氣候改變，溫度上升時，北部種子會慢慢地適應高溫，發芽趨勢會類似南部模式，休眠性變淺，胚生長速度加快，發芽率增加，尤其是落果後這些土壤種子庫的種子，種子發芽數可能增加；而南部種子已能適應高溫，土壤種子庫的種子發芽數大概會維持不變。

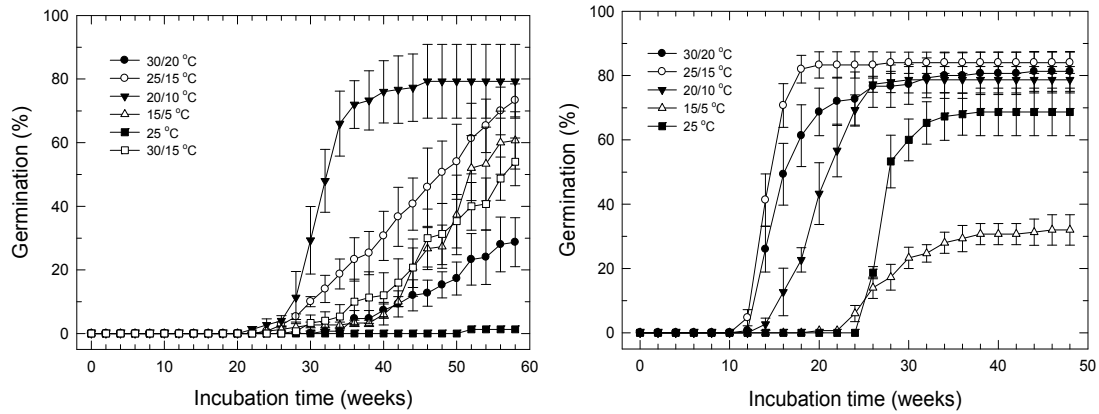


圖 1. 鐵冬青北部種子發芽百分率(左圖)及南部種子發芽百分率(右圖)

## 二、呂宋莢蒾種子發芽

採自北部種子，10 週後開始發芽，發芽最適溫度為 20/10°C，50 週後達最高發芽率 68%，其次是 25/15°C，54 週後的種子發芽率 60%，而 30/20°C 之種子發芽率 28%，15/5°C 之種子發芽率 24%，25°C 和 30°C 之種子發芽率 0%(圖 2)。採自南部種子 8 週後開始發芽，以 20/10°C 和 15/5°C 之發芽率 >90% 最高，其次是 25/15°C，48 週後的種子發芽率 70%，而 30/20°C 之種子發芽率 12%，25°C 之種子發芽率 0%(圖 2)。從圖 2 結果，發現呂宋莢蒾北部和南部種子發芽起始時間僅相差 2 週，但北部種子發芽速度慢；另外，南北二地種子發芽最適溫度都是 20/10°C，溫度增加會導致發芽率下降。因此，我們推測未來氣候暖化，種子發芽率漸減，南北二地族群將會逐漸減少。呂宋莢蒾種子也有形態生理的休眠，低溫 5°C 層積處理對南北二地的呂宋莢蒾種子發芽促進沒有效果，但此低溫處理可促進南北二地鐵冬青種子的發芽，可惜是臺灣南部已經沒有 10°C 以下的低溫。

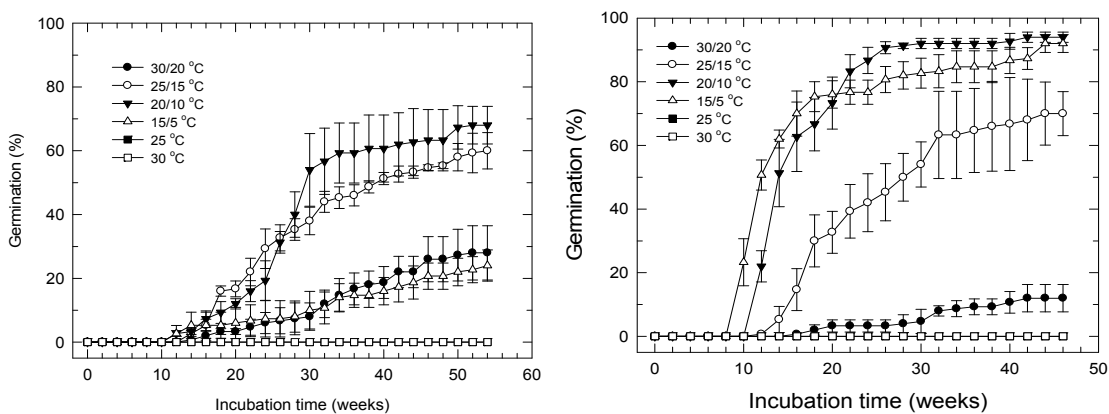


圖 2. 呂宋莢蒾北部種子發芽百分率(左圖)及南部種子發芽百分率(右圖)

### 三、臺灣小檗種子發芽

採自台灣高山的台灣小檗種子，放在愈高的發芽溫度，種子發芽速率愈快，如種子在發芽溫度 30/20°C、25/15°C 和 20/10°C 下達到 50%發芽率的天數，分別為 10.9 天、12.8 天和 13.1 天(表 1)，顯示種子不但發芽率高達 90%以上，且在 30 天內全部發芽完畢，因此沒有生理的休眠。新鮮種子胚大，發育完全且有胚乳，也沒有形態的休眠。因此，當氣候暖化，溫度上升時，海拔 3,000 m 天然林下的種子，推測將會提早發芽。

表 1. 溫度對臺灣小檗成熟新鮮的種子之發芽效果

| 發芽溫度(°C) | 發芽率(%)   | T <sub>50</sub> (天) |
|----------|----------|---------------------|
| 30/20    | 94.7±5.0 | 10.9                |
| 25/15    | 90.7±6.8 | 12.8                |
| 20/10    | 97.3±3.8 | 13.1                |
| 15/5     | 96.0±0   | 34.5                |
| 25       | 96.0±0   | 10.6                |

T<sub>50</sub>：活力種子發芽率達到 50%之天數

### 四、阿里山十大功勞種子發芽

採自臺灣高山的阿里山十大功勞種子，發芽溫度愈高，種子發芽速率愈快，如種子在發芽溫度 30/20°C 和 25/15°C 下達到 50%發芽率的天數，分別為 10.9 天和 10.7 天，20/10°C 的天數也只有 12.4 天，唯在低溫 15/5°C 下需要較長時間發芽(表 2)，顯示種子不但發芽率可高達 90%以上，且能在 30 天內全部發芽完畢，並沒有生理的休眠。同樣地，新鮮種子胚大，發育完全且有胚乳，也沒有形態的休眠。因此，當氣候暖化溫度上升時，推測天然林下種子將會提早發芽。

表 2. 溫度對阿里山十大功勞成熟新鮮的種子之發芽效果

| 發芽溫度(°C) | 發芽率(%)   | T <sub>50</sub> (天) |
|----------|----------|---------------------|
| 30/20    | 94.7±1.9 | 10.9                |
| 25/15    | 96.7±2.5 | 10.7                |
| 20/10    | 99.3±0.9 | 12.4                |
| 15/5     | 98.0±1.6 | 26.2                |
| 25       | 98.7±0.9 | 11.1                |
| 30       | 87.3±1.9 | 31.5                |

T<sub>50</sub>：活力種子發芽率達到 50%之天數

## 結論

鐵冬青和呂宋莢蒾種子有形態生理的休眠，種子發芽時間長，採自北部種子發芽所需時間比南部種子更長。由於生育地環境的差異，鐵冬青南部種子發芽適溫比北部高些，發芽速度也快些，但呂宋莢蒾種子發芽適溫在南北二地則相似，高溫不適合種子發芽。研究臺灣小檗和阿里山十大功勞種子的發芽性質發現，種子很容易發芽，且發芽率高，沒有休眠性。生長在高山氣溫低的樹種，落果後種子因環境溫度低不會發芽，必須等待初春氣溫回升後開始發芽。整體而言，全球氣候暖化將會影響物種族群的變化，如果溫度是長時間暖慢的上升，對鐵冬青北部族群休眠性減少，發芽數量將有可能會增加；呂宋莢蒾族群則正好相反，南部熱帶地區族群可能會有消失的一天。但是，如果全球暖化速度加快，無論是鐵冬青和呂宋莢蒾樹種數量全台都會減少。高山臺灣小檗和阿里山十大功勞，經模擬推測初春時種子開始迅速大量發芽(圖 3)，未來族群將維持一定或慢慢地增加。

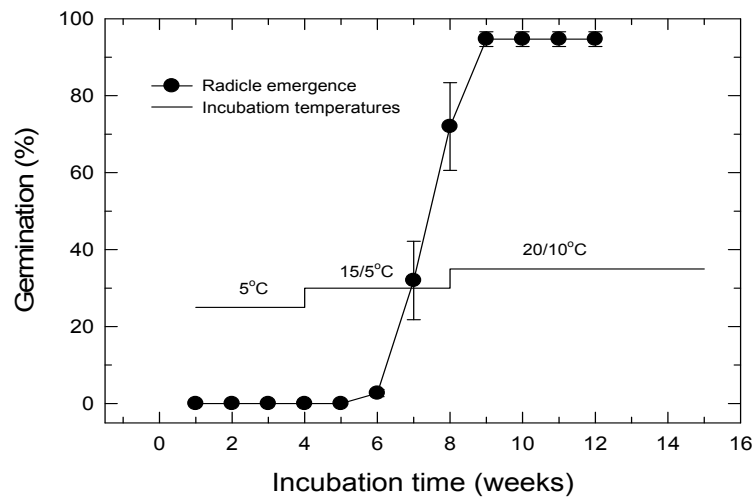


圖 3. 臺灣小檗種子 11 月採收後模擬冬天(5°C)、初春(15/5°C)及春天(20/10°C)之種子累積發芽率



## 台灣穗花杉控制授粉與胚胎發育

鍾振德<sup>1)\*</sup> 簡慶德<sup>1)</sup> 葉翠華<sup>1)</sup> 李玉珍<sup>1)</sup> 陳建帆<sup>2)</sup> 陳正豐<sup>3)</sup>

### 緒言

台灣穗花杉(*Amentotaxus formosana* Li.)為紅豆杉科(Taxaceae)穗花杉屬的裸子植物，為台灣之特有種，由於族群稀少且分布狹隘，IUCN 物種保育等級列為瀕臨滅絕等級(行政院農業委員會 1996)。穗花杉屬原有 3 種，其中華西穗花杉(*A. argotaenia*)與雲南穗花杉(*A. yunnanensis*)族群散布於中國與越南北部，中國植物紅皮書列為瀕危種(Kramer and Green 1990, Hsieh et al. 1994)，印度東北發現另一種穗花杉 *A. assamica*。穗花杉屬內三種皆被列為瀕危樹種，顯見其稀少與保育之重要性。台灣穗花杉主要分佈於台灣南部地區，最早由金平亮三於 1924 年於台東大里力山海拔 915 m 處採得標本，目前族群可以分成五個區域，分別為大里力山區、浸水營、大武山台灣穗花杉保留區、茶牙賴山與里龍山(張明財 1992，楊勝任 1996，葉清旺 2004)。

台灣穗花杉於當年 4 月初到中旬抽芽，葉抽長至 5 月初結束，雄花綻放於當年 4 月初，雌花綻放於當年 4 月初到中旬，授粉在當年 4 月初到中旬，授精則目前不明，種子成熟於隔年 6 月中旬，從授粉到種子成熟需歷時 1 年 3 個月(楊勝任 1997)。2011 年觀察台灣穗花杉雄花綻放於三月中下旬，授粉則在三月下旬至四月初，時序比楊勝任(1997)所述提早約 0.5~1 個月。Chen and Wang(1985)描述華西穗花杉授粉與受精，其傳粉在 5 月下旬至 6 月中，7 月中旬花粉管抵達藏卵器上方，並分裂成兩個大小不等的精細胞，於 7 月下旬完成受精。華西穗花杉授粉時間較台灣穗花杉晚，若以授粉後經兩個月完成受精來推論，台灣穗花杉受精時間應該落在 5 月底至 6 月初之間，但這需要進一步證實。雲南穗花杉的開花時序與台灣穗花杉相當，授粉期在 4 月，種子成熟期相同亦為 6 月。

進行育種工作前需先對於物種的生殖週期有相當的瞭解，例如保育樹種台灣油杉之復育，目前有相當的進展，即得力於其相當詳細的生殖週期與解剖學研究(王亞男 1987)。若要解決台灣穗花杉生殖能力薄弱之問題，有關生殖週期的研究也需要投入。

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

\* 通訊作者，E-mail: chung@tfri.gov.tw。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所植物園組，10066 臺北市南海路 53 號。

<sup>3)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所福山研究中心，26445 宜蘭縣員山鄉湖西村雙埤路福山 1 號。

## 材料與方法

### 一、控制授粉(control pollination)

經人工誘導開花的台灣穗花杉雄植株，採集即將裂開的雄毬果枝條，插於水中，約經 3~5 天，雄毬果裂開釋出花粉，將此新鮮花粉收集儲藏準備進行控制授粉。授粉母樹亦選擇經人工誘導的雌株，當雌毬珠孔分泌授粉滴(pollination drop)之際，進行授粉。由於台灣穗花杉為雌雄異株，因此不需要經去雄處理。授粉時機以選擇授粉滴分泌時最佳，將新鮮花粉噴到授粉滴上。為瞭解珠孔可以接受花粉的數量，取部分樣品經固定脫水染色等步驟後，於掃描式電子顯微鏡下觀察計算。

### 二、生殖週期解剖觀察

採集樣品與觀察項目包括(1)花芽分化之觀察：於當年五月初花芽始生(flower initiation)，到雌、雄毬花芽分化完成為止，定期採集花芽進行不同分化階段觀察。(2)雄、雌毬花之發育：從十二月初開始，以間隔 10~20 天的頻率分別採集雌、雄毬花芽，至隔年控制授粉完成為止。(3)控制授粉完成後的授粉、受精與胚胎觀察：從第二年三月~四月開始，至第三年六、七月種子成熟為止，每隔 4~9 天採集受精後的雌毬果，到種子收穫為止。

將上述採集之芽體、雄、雌毬花和授粉過後的雌毬果，整個放入固定液(formalin-acetic acid-alcohol, FAA)中固定，必要時修剪木質化組織，使固定液比較容易滲入。發育中晚期則把雌毬果木質化鱗片作較強度修剪，再放進固定液中固定一天後，以第三丁醇(tert-butanol)、蒸餾水與酒精調製之系列濃度進行脫水(Johansen 1940)，經滲蠟及埋蠟包埋後，切成厚 10~15  $\mu\text{m}$  之薄片置於載玻片上，然後再進行脫蠟，並分別以 safranin O 與 fast green 進行染色，於 Olympus BH2 光學顯微鏡下進行觀察並拍照。部分樣品進行掃描式電子顯微鏡觀察，樣品先以 2.5% glutaraldehyde (in 0.1 M phosphate)固定 2 h，後經 0.1 M phosphate 緩衝液清洗，再以 1% OsO<sub>4</sub> (in 0.1 M phosphate)固定 2 h，經 0.1 M phosphate 緩衝液清洗，以 30~100%丙酮(acetone)開始進行系列脫水，再置於臨界點乾燥機與二氧化碳進行置換，完成後黏貼於鋁載台上行金離子覆膜，於 Hitachi 2400 掃描式電子顯微鏡下觀察之。

將部分需要更細微觀察之花芽、果實與正在發育的種子，分別固定在 2.5% glutaraldehyde 與 1% OsO<sub>4</sub> 裡，然後經過序列濃度丙酮脫水後，包埋於 Spurr resin 之中。

利用超薄切片機進行切片，取厚片於光學顯微鏡觀察並拍照，並取約 70 nm 之薄片至國科會貴重儀器中心之穿透式電子顯微鏡下觀察。

## 結果與討論

### 一、雄花芽分化與花粉收集

台灣穗花杉為雌雄異株，約在一月下旬雄花芽可以用肉眼分辨出來，約在二月底綠色的穗狀雄毬漸漸成熟轉變成淺黃色，此時將帶雄毬枝條剪下，插在水中約 2~3 天，花粉散落即可收集準備授粉，在掃描式電子顯微鏡下觀察花粉，花粉大小約 25  $\mu\text{m}$  圓形，有一萌芽孔。

### 二、雌花芽分化、授粉滴與授粉

3 月中旬試驗雌株具雌毬花的芽苞開始綻放，花苞與葉芽一起綻放出來，此時的花苞，經組織切片觀察大孢子母細胞尚未開始發育。一個芽苞具有 1~10 個不等數量的雌毬花，平均為 4.1 個。雌毬花於四月初到中旬，於珠孔分泌一滴授粉滴，準備捕捉花粉，經組織切片觀察大孢子母細胞已經在基部開始分化，同一個芽苞 3 個雌毬花，在不同時間點，於珠孔處分泌出授粉滴。授粉滴形成即可以進行授粉，以毛筆沾取花粉塗上珠孔，於掃描式電子顯微鏡下觀察可見花粉在珠孔內，且因為是人為授粉所以珠孔內充滿花粉。

### 三、授精與胚胎發育

台灣穗花杉四月初授粉後，花粉需要約 2 個月時間穿透珠心，至 5 月底抵達藏卵器上方，台灣穗花杉有 2 個藏卵器，授精時間約在 6 月上旬，但不同毬果發育有些落差，六月上旬同時期有些精細胞剛抵藏卵器上方。圖 1 顯示台灣穗花杉花苞從芽綻放抽出時，其最大長寬計算得面積約 5  $\text{mm}^2$ ，至四月初授粉時，大小約 13  $\text{mm}^2$ ，五月底六月初時完成授精，面積約 18  $\text{mm}^2$ ，成長並不大。七月底時的毬果，其大小約 21  $\text{mm}^2$ ，假種皮被包裹於鱗片裡尚未凸出。十月底時才真正開始大幅度成長，此時假種皮才開始伸展。本年度授粉後的胚胎發育觀測尚在進行中，但前一年採自浸水營的果實，已見到胚發育，受精後的胚胎，逐漸發育成熟，台灣穗花杉種子具有休眠性，剛採下來的果實，胚小但可以看到發育初期子葉，果實成熟由綠轉變成紅色。

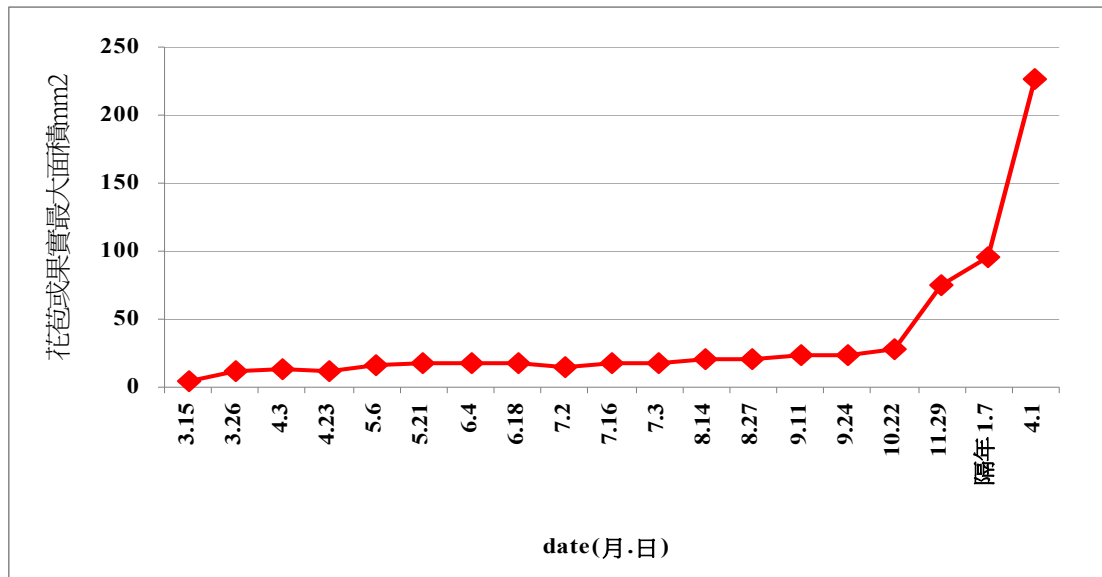


圖 1. 台灣穗花杉從花苞抽長、授粉、受精到毬果發育最大長寬的面積大小變化。

## 參考文獻

行政院農業委員會 (1996) 台灣稀有及瀕危植物之分級彩色圖鑑(I), 162 頁。

張明財 (1992) 台灣穗花杉主要生育區植群及族群生態之研究, 台灣大學森林研究所碩士論文, 55 頁。

楊勝任 (1996) 台灣穗花杉植群生態的研究, 台灣大學森林研究所博士論文, 140 頁。

楊勝任 (1997) 台灣穗花杉族群分布及植物社會之研究, 林務局委託研究計畫保育研究系列 no. 95-16: pp 123.

葉清旺 (2004) 里龍山植群多樣性之研究, 屏東科技大學森林研究所碩士論文, 95 頁。

Chen ZK, Wang FX. (1985) A contribution to pollination and fertilization of *Amentotaxus argotaenia*. Acta Bot Sin 27(3):239–245.

Hsieh CF, Huang TC, Keng H, Shieh WC, Tsai JL, Hu JM, Shen CF, Yang KC. (1994) Flora of Taiwan, 2nd. Ed. Vol. 3.12 Editorial Committee, Department of Botany, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. 1084 pp.

Kramer KU, Green PS. (1990) I. Pteridophytes and Gymnosperms. In: Kubitzki K. The Families and Genera of Vascular Plants. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. 404 pp.

## 南洋紅豆杉生產護膚機能產品之品種選拔與培育

陳永修<sup>1)</sup> 張淑華<sup>2)</sup> 何政坤<sup>2)\*</sup> 蔡錦瑩<sup>2)</sup>

### 緒言

產業發展利用紅豆杉枝葉發酵液(中華民國專利 I446917)製成護膚與化妝品，該原料係以枝2、葉1比例與米、糖及梅發酵半年再濃縮而成。此發酵液產品初步通過農業藥物毒物試驗所毒性檢驗，並經細胞試驗顯示對創傷細胞有促進癒合的功效。由於產業所用紅豆杉採收不易，品系來源不確定，因此需要選拔適合作為護膚產品的品系。此外，紅豆杉護膚產品需要枝條的比例為葉片比例的2倍，因此選拔的品系以枝條與葉為2：1的比例為佳。至於產業所用品種與紫杉烷類的關係，是否影響護膚功能，是頗為有趣的議題。本研究先針對產業所用的紅豆杉品種與其生產的產品進行紫杉烷類分析，再從我們已經建立的南洋紅豆杉(*Taxus sumatrana*)種原圃進行選拔適合的品種，提供產業開發為護膚產品，檢視不同品種對紅豆杉發酵液成分的影響，確定適合產業開發的品種，再建立該品種枝葉採收分級，繁殖育苗栽培技術，提供業者穩定原料來源，生產一致性與穩定性的護膚原料，以利產業發展。

### 材料與方法

#### 一、紅豆杉發酵液品種分析

從業者提供紅豆杉枝葉分析10-deacetylbaccatin III (簡寫DB)與taxol (簡寫TX，紫杉醇)濃度，將業者的紅豆杉枝葉依形態粗分12類，將枝葉取10 g，粉碎後取樣1 g，以10 mL 甲醇在超音波萃取10 min，取萃取液後，枝葉渣再以10 mL 甲醇萃取一次，取2次萃取液濃縮成1 mL，經45 μm millipore過濾後，依據何政坤等(1997)方法，以HPLC分析DB與TX濃度。

#### 二、紅豆杉護膚保養產品之紫杉烷類成分分析

業者生產的護膚產品有6種，包括發酵液、2種多元修護精華液、緊顏嫩白面膜、抗皺精華霜、香皂等6種產品。將該產品取50 mL，先用hexane萃取，去掉hexane層，再以

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所六龜研究中心，84443 高雄市六龜區中興里中庄 198 號。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 臺北市南海路 53 號。

\* 通訊作者，E-mail: ckho@tfri.gov.tw。

dichloromethane萃取濃縮非hexane層液體後，以甲醇溶解，用HPLC分析紫杉烷類成分包括baccatin III (簡寫BC)，以標準品的吸收光譜比對在同一時間出現的peak的相似度。

### 三、南洋紅豆杉品系選拔與生產發酵液比較

從林試所信賢苗圃選拔枝條比例較高的2品系(L1與C1)各8 kg，由業者生產為護膚原料分類為A、B(圖1)，將此二發酵液取50 mL，依上述分析方法，檢定紫杉烷類成分，進行護膚測試，確認後大量採收枝葉生產發酵液，供藥毒所檢測毒性、機能性成分及創傷細胞癒合力檢定。

### 四、南洋紅豆杉品優良系採收與生產方式

業者在生產護膚原料時，需將木質化枝條、半木質化枝葉與綠枝及葉片分開，進行不同程度的發酵製程，此一分級過程的成本頗高。針對苗高2 m之L1品系，以分層採收方式，評估單株木質化粗枝、半木質化枝葉，以及小枝葉片產量，因此採收過程分成高層綠枝採收完，再採收半木質化之中層枝葉，然後為下層木質化枝葉(圖2)，利用採收方式可大幅降低人工分級成本。

## 結果與討論

### 一、紅豆杉發酵液分析

從業者提供紅豆杉枝葉分析紫杉烷類成分與濃度，經分析結果DB濃度為 $221 \pm 171$  ppm，紫杉醇濃度為 $347 \pm 72$  ppm，二者濃度的標準差變異大，尤其是10-DB濃度。依據採收枝葉成分分析，業者的紅豆杉來源大致分成3類型紅豆杉，1為DB低濃度( $< 100$  ppm)與紫杉醇中濃度(270-370 ppm)品系，2為DB中濃度(200-300 ppm)與高濃度紫杉醇(400-500 ppm)品系，3為DB高濃度(500-600 ppm)與紫杉醇中濃度(300-400) ppm品系。依據產業所用紅豆杉品系，應是紫杉醇偏高的品系為主。

### 二、紅豆杉護膚保養產品之紫杉烷類成分分析

結果面膜、精華霜與香皂均檢測不出紫杉烷類含量，發酵液與精華液的紫杉烷類的吸收光譜都產生變化，與標準品頗有差異，顯示化學結構已產生變性。變性DB濃度在3.4-12.7 ppm間，變性紫杉醇在4.0-5.7 ppm間(表1)。此變性之紫杉烷類濃度，與新鮮枝葉所含的紫杉烷類濃度比較，降低達100倍。



| 品系    | DB (ppm) | BC (ppm) | TX (ppm) |
|-------|----------|----------|----------|
| L1(A) | 19.2     | 1.2      | 1.2      |
| C1(B) | 6.1      | 0.5      | 0.5      |

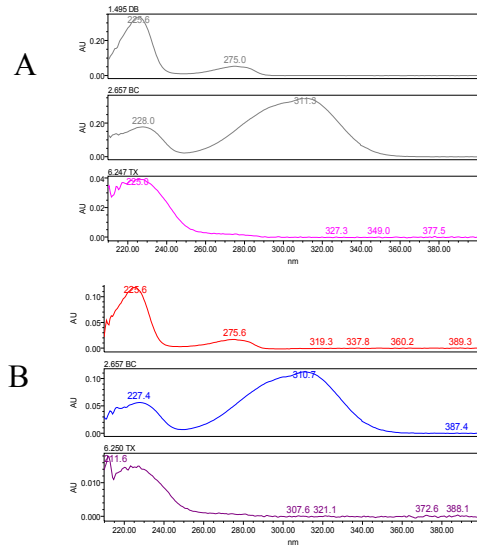


圖1. 南洋紅豆杉2品系生產的護膚原液(A、B)之紫杉烷類濃度與吸收光譜。



圖2. 具有木質化枝幹與半木質化及綠枝的L1品系，利用分層採收，可降低分級成本。

### 三、南洋紅豆杉品系選拔與生產發酵液比較

從林試所種原圃選擇之二品系(L1與C1)生產的護膚原液顏色及變性的紫杉烷類濃度不一樣，依據業者測試，以深色的原液A為良品(圖1)，檢測發酵液A之變性DB濃度為19 ppm、變性BC與紫杉醇都為1.2 ppm，發酵液B之變性DB濃度為6.1 ppm、變性BC與紫杉醇濃度都為0.5 ppm。二者與產業之變性紫杉烷類，以L1較為接近，發酵液功效相同，因此L1品系為適合開發作為護膚機能產品的原料來源，目前已大量採收100 kg，做成發酵液，供藥毒所及醫院做進一步測試及機能性成分的檢定。

表1. 產業開發護膚產品之紫杉烷類分析

| 樣品                | DB (ppm) | BC (ppm) | TX (ppm) |
|-------------------|----------|----------|----------|
| 發酵液 1             | 7.6      | 4.1      | 4.1      |
| 發酵液 2             | 7.6      | 4.0      | 4.0      |
| 紅豆杉多元修護精華液(大 1)   | 12.7     | 4.2      | 4.2      |
| 紅豆杉多元修護精華液(大 2)   | 12.7     | 4.2      | 4.2      |
| 紅豆杉多元修護精華液(小)     | 3.4      | 5.7      | 5.3      |
| 紅豆杉煥采緊顏嫩白面膜(Mask) | 0        | 0        | 0        |
| 紅豆杉活膚抗皺精華霜(Gel-1) | 0        | 0        | 0        |
| 紅豆杉活膚抗皺精華霜(Gel-2) | 0        | 0        | 0        |
| 香皂(Soap1)         | 0        | 0        | 0        |
| 香皂(Soap2)         | 0        | 0        | 0        |

#### 四、優良品系大量採收枝葉與調查

將2 m高的12年生L1單株，在樹高1 m高處，分上中下層採收，上層小細枝葉層6.8 kg、中層半木質化枝葉層8.2 kg、下層木質化粗枝條10.4 kg，共採收25.4 kg。中上層之枝葉可剪取15 cm長支插穗2,856支，10 cm小插穗2,268支，共扦插繁殖5,124支。目前L1品系栽培區有300株，預估可生產7,500 kg枝葉，生產插穗1.5百萬支，可協助產業建立栽培區，生產枝葉原料穩定的發酵液。

#### 引用文獻

何政坤、張淑華、陳振榮 (1997) 省產天然台灣紅豆杉母樹枝葉內紫杉烷類含量之變化。  
台灣林業科學 12(1): 23-37。

## 台灣粗榧毛狀根誘導與培養

張淑華<sup>1)\*</sup> 何政坤<sup>1)</sup> 陳怡蓓<sup>1)</sup> 蔡錦瑩<sup>1)</sup> 陳媿<sup>1)</sup> 黃芷雲<sup>1)</sup> 呂汶玲<sup>1)</sup>

### 緒言

台灣粗榧(*Cephalotaxus wilsoniana*)稀疏分布於台灣中低海拔 650 至 2,800 m 的森林中，雄雌異株(黃士元等 1999)。粗榧類植物含有粗榧鹼(cephalotaxine，簡稱 CET)，高三尖杉酯鹼(homoharringtonine，簡稱 HHT)與三尖杉酯鹼(harringtonine，簡稱 HA)等(Powell et al. 1972)可用於治療白血病(Mikolajczak et al. 1975)。由農桿叢根菌基因轉殖所產生的毛狀根(hairy root)，由於具有植物生長素基因，可以在不含有植物生長素的培養基中快速生長，因此雖經長期培養，基因仍穩定不易產生突變，極具生產植物二次代謝物潛力(Hu and Du 2006)。本試驗期建立台灣粗榧農桿菌的基因轉殖方法，調查轉基因毛狀根中的粗榧鹼類含量，提供作為穩定生產粗榧鹼類化合物材料，以進一步利用生物反應器培養大量生產。

### 材料與方法

#### 一、材料：

由台灣全島收集台灣粗榧成熟與未成熟果實，將果實除去果肉洗淨，以 70%酒精消毒 2 min 後，再以 2%次氯酸鈉消毒 20 min，切開種皮與雌配子體，取胚培養於添加 3%蔗糖的 WPM ((Lloyd and McCown 1981)培養基，置於 25°C，16 小時光照，光照強度為 60  $\mu\text{Es}^{-1}\text{m}^{-2}$  的培養室發芽(張淑華等 2012)。種子發芽後，切下發芽種子苗之莖芽，每個月繼代培養 1 次，取經試管培養 3 年之莖芽(shoots)的葉片與莖段作為培植體，進行農桿菌接種。

#### 二、基因轉殖：

野生型農桿菌 AR1600, AR1601 與 ATCC15834 用於接種。農桿菌以 YEB 培養基培養 1 夜。培植體葉片切成 0.5 x 0.5  $\text{cm}^2$ ，莖段切成 0.5 cm，以新鮮培養的菌液浸泡 5 分鐘，再將葉片或莖段與農桿菌共同培養於 WPM 添加 3%蔗糖、0.8%洋菜粉的固體培養

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，100 台北市三元街 67 號。

\* 通訊作者，E-mail: shchang@tfri.gov.tw。

基。經培養 48 小時後，以無菌水洗 4 次，去除農桿菌，將培植體以 5 g/L carbenicillin 與 5 g/L cefotaxime 殺菌劑浸泡 1h 後，培養於添加 500 mg/L carbenicillin 與 500 mg/L cefotaxime timetin 的 WPM 培養基，每個星期換 1 次培養基計 4 次。接種 1 個月後會開始有毛狀根形成，待接種 2 個月後將毛狀根切下培養，每個月繼代培養 1 次。

### 三、轉基因毛狀根培養：

取 0.2 g 生長佳之毛狀根培養於 WPM 添加 20 g/L 蔗糖液體培養基，以正常未轉殖根培養作對照，培養 30 天後紀錄生長與粗榧鹼類含量。

### 四、轉基因毛狀根 PCR 鑑定：

毛狀根、正常未轉殖的植株與農桿菌，分別以 DNeasy plant mini kit (Qiagen, Valencia, CA, USA) 萃取 DNA；用 rolB 基因作為引子，進行 PCR 反應。PCR 產物，以 ethidium bromide 染色，1% 洋菜膠電泳分析後，以 UV 光檢測。

### 五、粗榧鹼類濃度調查：

粗榧鹼類的 HPLC 分析方法係改良自 Wichremesine and Arteca (1996)，稱取約 1-2g 鮮重之毛狀根經液態氮磨碎，經冷凍乾燥機乾燥後，以甲醇萃取，過濾後濃縮，以 HPLC (Alliance, Waters) 與光電偶極體偵測器 (photodiode array detector 2475) 分析。標準品 HTT 與 HA 購自 Sigma，含量以細胞乾重所含粗榧鹼類物量表示。乾重的測定係將研磨萃取後之細胞渣，在 60°C 烘箱中乾燥 48 h 後所秤得乾重，作為收率計算之基礎。

## 結果與討論

### 一、台灣粗榧農桿菌種接種、毛狀根誘導與培養

以 6 個不同粗榧品系之試管苗莖與葉作為材料進行不同野生型農桿菌接種，經共同培養與殺菌，培養 1.5 個月後，調查毛狀根形成率(表 1)。農桿菌種類與粗榧品系影響毛狀根與腫瘤細胞形成率。三個農桿菌的轉殖率以 AR1601(18.3%)略高於 AR15834(16.7%) 與 AR1600(15%)。轉基因細胞有 3 種型態：只形成腫瘤細胞或毛狀根、及先產生腫瘤細胞再由腫瘤細胞上產生毛狀根，品系間以 B1 的轉殖率與產生毛狀根的比率最高，其次為 C7 與 C12。B1 的轉殖率可達 40-60%，毛狀根誘導率為 30-40%，都是先產生腫瘤細胞後由腫瘤細胞產生毛狀根。C7 與 C12 也可經 3 種農桿菌誘導產生毛狀根，形成率在

10-30%間。C5 以 3 種農桿菌接種，都只有形成腫瘤細胞而無毛狀根產生。

表 1. 台灣粗榧接種農桿菌 AR15834，AR1600，AR1601 的毛狀根形成率與毛狀根數

| Strains of Agrobacterium | Clones  | Tumor only (%) | Hairy root only (%) | Tumor + hairy root (%) | Total Rooting (%) | Average of root numbers |
|--------------------------|---------|----------------|---------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| AR15834                  | B1      | 60             | 0                   | 40                     | 30                | 1.0                     |
|                          | B2      | 60             | 0                   | 20                     | 20                | 1.0                     |
|                          | B5      | 0              | 20                  | 0                      | 20                | 1.0                     |
|                          | C5      | 40             | 0                   | 0                      | 0                 | -                       |
|                          | C7      | 0              | 10                  | 0                      | 10                | 2.2                     |
|                          | C12     | 50             | 0                   | 20                     | 20                | 3.6                     |
|                          | Average | 35.0           | 5.0                 | 13.3                   | 16.7              | 1.8                     |
| AR1600                   | B1      | 20             | 0                   | 30                     | 30                | 2.5                     |
|                          | B2      | 20             | 0                   | 0                      | 0                 | -                       |
|                          | B5      | 0              | 10                  | 0                      | 10                | 2.5                     |
|                          | C5      | 40             | 0                   | 0                      | 0                 | -                       |
|                          | C7      | 0              | 20                  | 10                     | 20                | 3.5                     |
|                          | C12     | 20             | 20                  | 10                     | 20                | 3.8                     |
|                          | Average | 16.7           | 8.3                 | 8.3                    | 13.3              | 3.1                     |
| AR1601                   | B1      | 20             | 0                   | 40                     | 40                | 2.2                     |
|                          | B2      | 0              | 0                   | 0                      | 0                 | -                       |
|                          | B5      | 30             | 0                   | 30                     | 30                | 2.0                     |
|                          | C5      | 20             | 0                   | 0                      | 0                 | -                       |
|                          | C7      | 10             | 10                  | 10                     | 20                | 1.0                     |
|                          | C12     | 30             | 0                   | 15                     | 20                | 2.7                     |
|                          | Average | 18.3           | 1.7                 | 15.8                   | 18.3              | 2.0                     |

## 二、毛狀根農桿菌基因之確認

以 PCR 確認毛狀根的 DNA 含有農桿菌基因(圖 1)。

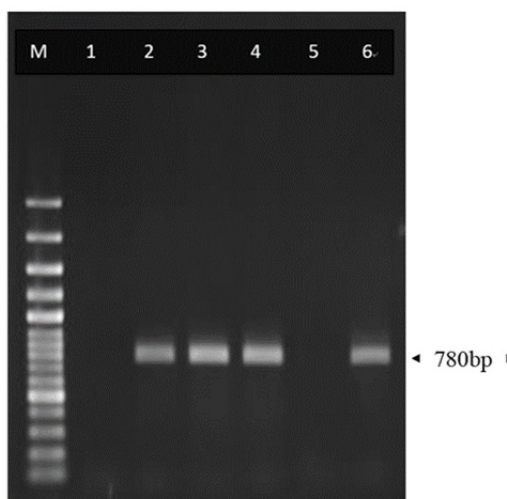


圖 1. PCR 檢測台灣粗榧毛狀根 rol B 基因。line 1：正常植株葉；line 2~4：毛狀根；line 5：正常植株根；line 6：農桿菌 AR15834。

## 三、毛狀根培養與粗榧鹼類含量分析

兩個月大的毛狀根與未轉殖的正常根培養於 WPM 添加 1g/L 活性炭培養基，黑暗培養室培養 40 天後測量生長量。毛狀根於不含植物生長激素培養基中顯現生長快速、惰性生長(圖 2 左)，正常根於不含植物生長激素培養基不會生長。

取 0.2 g 毛狀根培養於含 20 mL WPM 培養基的 100 mL 三角瓶，於黑暗培養室，60 rpm 轉速振盪器中培養 30 天。結果顯示毛狀根生長很好，鮮重可增加為  $0.74\text{g} \pm 0.053\text{g}$  (圖 2 右)。未轉殖根培養在相同成分之固體培養基內，顯示其在不含植物生長激素之培養基中不會增長。

以 HPLC 調查粗榧鹼類化合物含量，不同品系間毛狀根的高三尖杉酯鹼含量在 0-156 ppm 間。

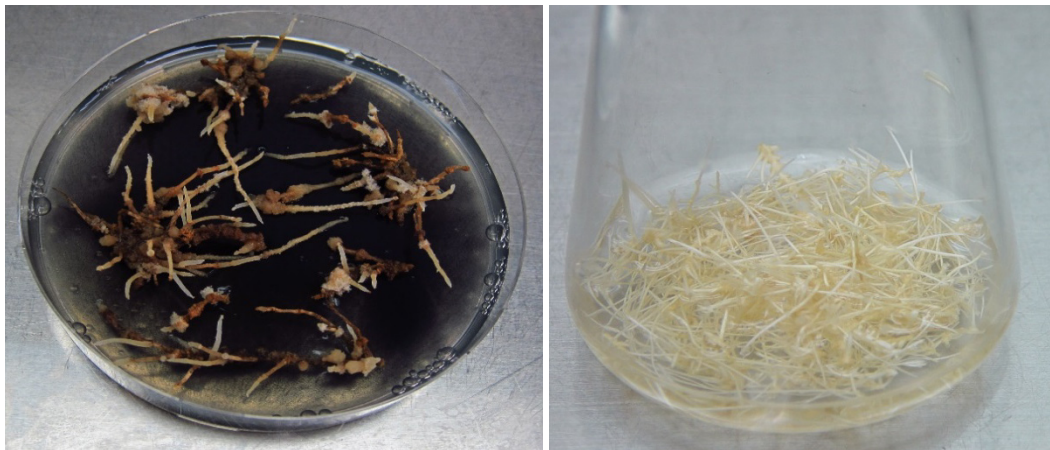


圖2. 台灣粗榧毛狀根培養。左：固體培養；右：三角瓶培養液體培養。

## 引用文獻

- 張淑華、何政坤、蔡錦瑩、吳濟琛、陳媁、朱眉芳、黃芷雲 (2012) 台灣粗榧之 HA 及 HHT 含量調查與繁殖。森林資源保存與利用研討會論文集，林業叢刊 237: 335-344。
- 黃士元、廖天賜、翁仁憲、蕭如英 (1999) 台灣粗榧分布之調查。特有生物研究 1(1): 61-72.
- Hu ZB, Du M. (2006) Hairy root and its application in plant genetic engineering, J Integrative Plant Biology 48: 121-127
- Lloyd GB, McCown BH. (1981) Commercially feasible micropropagation of nountain laurel (*Kalmia latifolia*) by use of shoot-tip culture. Proc Int Plant Propagat Soc 30: 421-37.
- Mikolajczak KL, Powell RG, Smith Jr CR. (1975) Preparation and antitumor activity of a rearranged ester of cephalotaxine. J Med Chem. 18(1): 63-6.
- Powell RG, Weisleder D, Smith Jr CR. (1972) Antitumor alkaloids from *Cephalotaxus harringtonia*: structure and activity. J Pharm Sci 61(8): 1227-9.

## 玉山箭竹種子發芽特性研究

陳慧玲<sup>1)</sup> 王欣琳<sup>1)</sup> 林世宗<sup>1)\*</sup>

### 摘要

宜蘭太平山之銅山地區森林地被族群玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis* Hayata Keng F.)於2014年5月發現有大量枯萎與開花結實，採獲之種子實粒率低，僅15%，穎果百粒重為0.58 g。以發芽方式檢定種子活力，在25/15°C溫度下發芽率可達66.8%，三種發芽溫度間呈顯著差異。種子需經二個月始發芽且發芽速度緩慢，種子具休眠現象。種子以5°C低溫層積1個月及2個月，進行發芽率檢定比較，於層積處理與發芽溫度間均具顯著差異，亦具交感效應，層積1個月以30/20°C溫度者較高，層積2個月於溫度處理間則無顯著差異。由平均發芽日數(MGT)表現發芽速率，層積處理顯著增加種子發芽速度，亦以發芽溫度30/20°C者較快。因層積處理間之發芽調查時間不一，由T50檢定發芽速率，呈現低溫層積處理顯著降低發芽日數。由發芽行為檢定結果說明玉山箭竹種子具生理休眠特性。

關鍵詞：玉山箭竹、開花結實、種子活力、低溫層積、發芽溫度

### 緒言

玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis* Hayata Keng F.)，禾本科，竹亞科，箭竹屬植物，分布在台灣中高海拔地區，生長型態變異大，在開闊地形成高20-50cm的矮生草原族群，在森林林下生長形態較高，可達約1-3m。生活型為橫向合軸叢生，地下莖橫向密織交錯生長於地下20~50cm間，繁殖擴展力強，在台灣海拔1,300 m~3,000 m地區為極具優勢的地被植物，亦常為限制高山森林樹種繁殖更新之重要因素。玉山箭竹主要以地下莖分生拓殖繁衍，種子繁殖甚少見，如同竹類在生活史過程中，於開花後即枯萎。廖敏君等(2005)在雪山地區針對玉山箭竹開花、族群生態及遺傳變異進行為期近三年的觀察研究，彙整台灣之玉山箭竹開花記錄並探討其機制推測為天然或人為災害的發生，如火燒，或是週期假說、病理假說等導致，然尚需加以驗證外，認為玉山箭竹開花現象為其生態自我更新的方式，且玉山箭竹種子可能有休眠特性。臺灣竹類及玉山箭竹等天然更新機制及拓

<sup>1)</sup> 國立宜蘭大學森林暨自然資源學系，26047 宜蘭縣宜蘭市神農路一段 1 號。

\* 通訊作者，E-mail: stlin@niu.edu.tw。

殖過程的相關研究目前資料甚少(黃生2002；呂金誠等2004；廖敏君等2005)，當2014年7月發現宜蘭翠峰湖至銅山一帶玉山箭竹有大量枯萎的現象，本研究即以銅山地區採獲之玉山箭竹種子進行種子性狀基本調查外，並由發芽溫度及低溫層積處理檢定種子活力與發芽特性，供玉山箭竹開花結實後繁殖更新研究參考。

## 材料與方法

### 一、種子來源與處理

2014年8月12日於銅山地區採集之玉山箭竹穎果，經篩選過後之實粒種子，取樣調查種實基本性狀資料，種子大小、百粒重(g)及體積(粒/L)，並放置以5°C低溫乾藏，供後續試驗使用。

### 二、玉山箭竹種子發芽能力檢測

所採玉山箭竹種子，以發芽檢定法判釋種子活力與休眠性，於2014年12月於發芽箱進行發芽檢測，包括30/20°C、25/15°C及20/10°C三種發芽溫度處理，光照8hr，無光照16hr。種子於2015年6月以5°C層積處理一個月、兩個月後，分別進行三種發芽溫度之發芽檢測，即30/20、25/15、20/10°C，每種溫度處理有5個重複，以50粒種子為一重複，將種子與濕潤細水苔均勻混合(1:2)放置於7號夾鏈袋中。每周檢查水分是否充足，並翻動種子及水苔換氣，每週紀錄種子發芽數量，至連續2週已無發芽種子時，結束發芽試驗，發芽種子移至穴盤培育。

### 三、資料分析

由各處理之發芽紀錄整理繪製發芽曲線，以雙因子變異分析(two-way ANOVA)檢定層積處理與發芽溫度處理對玉山箭竹種子發芽率(germination Percentage, GP)、平均發芽日數(mean germination time, MGT)，及活力種子發芽率達到50%的日數( $T_{50}$ )。各處理間之發芽率及平均發芽日檢定則以單因子變異分析檢定後以scheffe'檢定差異性。

## 結果與討論

### 一、玉山箭竹種子基本性狀

2014年8月於銅山地區臺灣水青岡天然林下採集玉山箭竹穎果，經分空粒及實粒，發現絕大部分為空粒，實粒率為15%；實粒之穎果即種子，量測種子長度及寬度，並量

實粒種子百粒重(如表1)。本研究共採收實粒種子39.95克，提供後續種子發芽檢測和現地播種試驗用。

表 1. 玉山箭竹種子性狀

| 實粒率(%) | 種子長度(cm)  | 種子寬度(cm)  | 百粒重(g)    | 容積(粒/L)      |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| 15±1   | 0.52±0.08 | 0.14±0.01 | 0.58±0.02 | 45,240±2,480 |

## 二、玉山箭竹種子發芽檢測

為檢測採獲之玉山箭竹種子活力，即於2014年12月4日進行發芽檢定，設定三種發芽溫度處理，經二個月後開始發芽，發芽速度極為緩慢，經持續調查至2016年7月1日，共計575天，累積發芽率以25/15°C溫度處理者較高，為66.8%，20/10°C次之，60.0%，而以30/20°C者較低，為46.4%(圖1)。

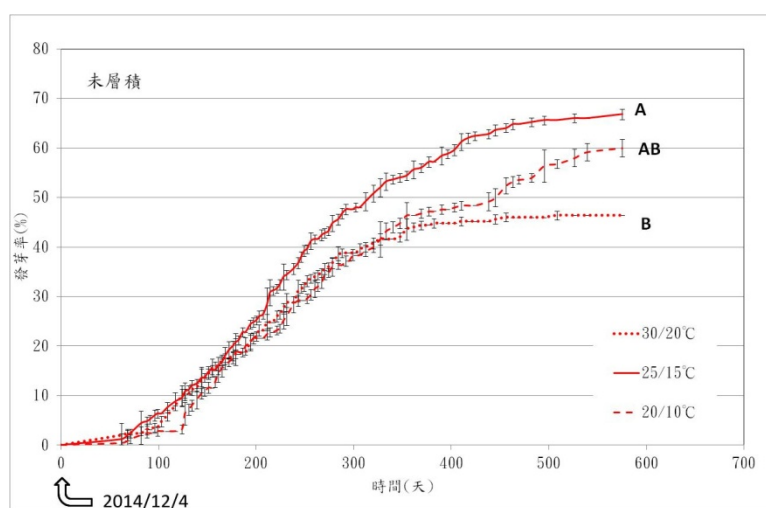


圖 1. 玉山箭竹種子未層積處理之累積發芽曲線

為促進種子發芽，於2015年6月種子濕層積於5°C冷藏箱一個月及二個月，經低溫層積後，同樣置於三種設定之發芽溫度檢測。層積一個月者調查至2016年7月01日，共觀察358天。層積二個月者，調查至2016年2月01日，因發芽趨勢已持平，中止調查，共觀察176天(圖2)。並進行低溫層積處理及發芽溫度對玉山箭竹種子發芽率及平均發芽日數之影響。

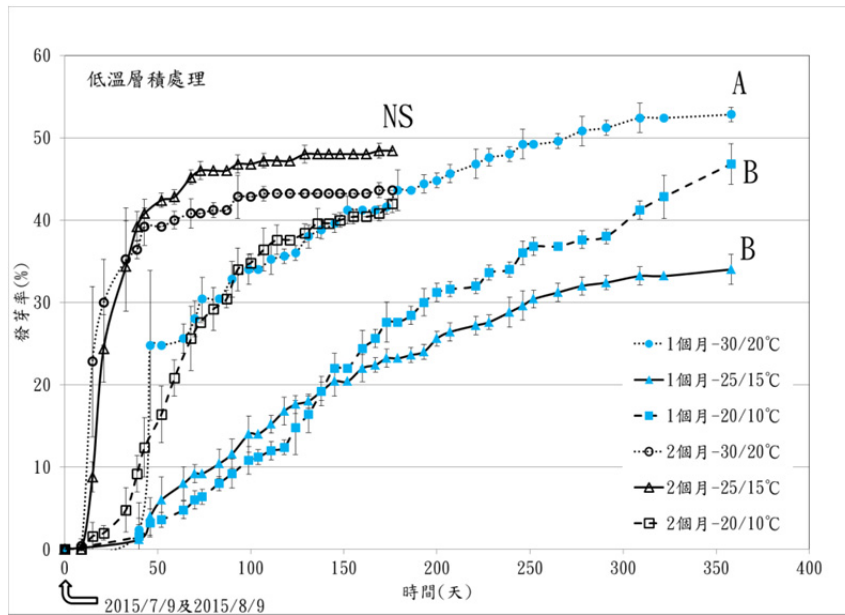


圖 2. 玉山箭竹種子層積處理之累積發芽曲線

玉山箭竹種子經過低溫層積一個月，則以30/20°C溫度發芽率54.0%，顯著高於25/15°C及20/10°C者。經低溫層積兩個月之種子發芽率，於3種溫度處理間並無差異。以二因子變異分析低溫層積處理及發芽溫度處理檢定對發芽率之效應，結果層積處理呈顯著差異，溫度處理間則無顯著差異，但發芽率受低溫層積時間及發芽溫度影響有顯著交感現象(表1)。未經層積處理之種子於較高溫之30/20°C限制了發芽率，但經層積一個月之種子發芽率反以高溫30/20°C者高於其他二個溫度處理者；經低溫層積兩個月者，溫度處理間發芽率已無顯著差異。由單因子變異數檢定後之均數比較，結果如表2。

表 2. 層積時間與發芽溫度之玉山箭竹種子發芽率(%)比較

| 發芽溫度 \ 層積時間 | 未層積                       | 層積 1 個月                  | 層積 2 個月                    |
|-------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 30/20       | 46.4±9.6 <sup>b NS</sup>  | 52.4±6.2 <sup>a NS</sup> | 43.6±8.8 <sup>ns NS</sup>  |
| 25/15       | 66.8±6.9 <sup>a A</sup>   | 33.2±5.8 <sup>b C</sup>  | 48.4±3.6 <sup>ns B</sup>   |
| 20/10       | 60.0±8.8 <sup>ab NS</sup> | 41.2±4.8 <sup>b NS</sup> | 42.0±15.9 <sup>ns NS</sup> |

註：以 one-way ANOVA 檢定，scheffe'事後之均數檢定，顯著水準  $\alpha=0.05$ ，小寫英文字母為不同發芽溫度間，大寫英文字母為不同層積時間之檢定，ns 表示無顯著差異。

玉山箭竹種子未經低溫層積處理，發芽起始時間須經二個月(圖1)，且發芽速度甚慢，顯示種子有休眠性，經過低溫層積一個月者，發芽起始時間提前至40天，低溫層積二個

月者，提前至9天即開始發芽(圖2)，由平均發芽日數(MGT)之檢定，顯示層積處理溫度處理具顯著差異，同時層積處理與發芽溫度處理間具顯著交感作用(表3)，未低溫層積之種子MGT需220天以上，經低溫層積顯著縮短發芽日數，尤其層積二個月更為明顯，小於100天，同時發芽溫度提升，MGT之天數明顯縮短(表4)，表示兩個月之低溫層積明顯打破種子生理休眠現象，促進發芽之效應。

表 3. 低溫層積時間與發芽溫度對玉山箭竹種子發芽之效應檢定

| 處理        | df | 發芽率 | 發芽日數 | T50 發芽日數 |
|-----------|----|-----|------|----------|
| 層積時間      | 2  | *** | ***  | ***      |
| 發芽溫度      | 2  | n.s | ***  | ***      |
| 層積時間×發芽溫度 | 4  | *** | ***  | **       |

註：未層積者發芽調查時間 575 天，層積處理 1、2 個月者發芽調查時間分別為 358 及 176 天。two-way ANOVA 檢定，n.s：不顯著 ( $p>0.05$ )；\*\*：( $0.01<p<0.001$ )；\*\*\*：( $p\leq 0.001$ )

表 4. 層積時間與發芽溫度之玉山箭竹種子發芽日數比較

| 層積時間<br>發芽溫度 | 未層積                        | 層積 1 個月                   | 層積 2 個月                  |
|--------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 30/20        | 222.1±8.3 <sup>ns A</sup>  | 105.6±13.4 <sup>b B</sup> | 59.6±6.3 <sup>b C</sup>  |
| 25/15        | 261.0±41.5 <sup>ns A</sup> | 80.6±15.3 <sup>c B</sup>  | 65.3±1.3 <sup>b B</sup>  |
| 20/10        | 273.5±40.2 <sup>ns A</sup> | 188.5±19.8 <sup>a B</sup> | 94.0±15.4 <sup>a C</sup> |

註：以 one-way ANOVA 檢定，scheffe'事後之均數檢定，顯著水準  $\alpha=0.05$ ，小寫英文字母為不同發芽溫度間檢定，大寫英文字母為不同層積時間處理，ns 表示無顯著差異。

種子發芽能力的檢測，包括發芽率、發芽速率、發芽起始時間及發芽一致性等。發芽速率的量測有許多方法，其中平均發芽日數(MGT)廣為種子科學家使用。另一個計算方式是T50，即有活力種子發芽率達到50%的日數。Soleani等(2015)認為MGT不是發芽的平均時間，而是僅為表現發芽速度的指標，因MGT是在不同發芽率的時間，因此不適用於種子試驗比較，並經實證T50可取代MGT的利用。本研究亦以玉山箭竹種子具發芽休眠現象，發芽速率極為緩慢。對最終之發芽率常因種子樣本間或處理間的變化而不易界定，如未層積的種子最終發芽調查時間是定於不再出現發芽種子之105年7月1日止。因此，本研究以T50之天數分析層積時間及發芽溫度對玉山箭竹種子發芽速率的效應，結果如表5。較長的低溫層積時間顯著縮短發芽所需日數，加速種子發芽速率，且隨發芽溫度增加，也顯著地加速種子發芽。

表 5. 層積時間與發芽溫度之玉山箭竹種子 T50(日數)比較

| 層積時間<br>發芽溫度 | 未層積                        | 層積 1 個月                   | 層積 2 個月                  |
|--------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 30/20        | 215.4±13.5 <sup>ns A</sup> | 55.8±16.7 <sup>c B</sup>  | 13.1±3.7 <sup>b C</sup>  |
| 25/15        | 228.0±16.8 <sup>ns A</sup> | 107.4±29.3 <sup>b B</sup> | 22.6±2.9 <sup>b C</sup>  |
| 20/10        | 239.0±42.8 <sup>ns A</sup> | 157.4±16.1 <sup>a B</sup> | 55.4±13.1 <sup>a C</sup> |

註：以 one-way ANOVA 檢定，scheffe' 事後之均數檢定，顯著水準  $\alpha=0.05$ ，小寫英文字母為不同發芽溫度間檢定，大寫英文字母為不同層積時間處理，ns 表示無顯著差異。

## 參考文獻

- 呂金誠、歐辰雄 (2004) 雪山東峰玉山箭竹開花之研究(三)。雪霸國家公園管理處委託研究報告。43 頁。
- 黃生 (2002) 陽明山區包籜矢竹更新監測及繁殖生態研究陽明山國家公園管理處委託研究報告。
- 廖敏君、邱清安、歐辰雄、呂金誠 (2005) 雪山東峰玉山箭竹開花物候之探討。國家公園學報 15(1): 29-44。
- 廖敏君、曾喜育、歐辰雄、呂金誠 (2005) 玉山箭竹開花之探討。台灣林業31(5): 54-60。
- Soltani E, Ghader-Far F, Barskin CC, Barskin JM. (2015) Problems with using mean germination time to calculate rate of seed germination. Australian Journal of Botany doi.org/10.1071/BT15133.

## 北臺灣林下遮蔭茶園與蟻相生態指標

胡正恆<sup>1)</sup> 陳芬蕙<sup>2)\*</sup>

### 緒言

本研究調查目標為探索蟻相在牛樟林下遮蔭茶園的群聚動態，作為混農林業永續發展與生物多樣性監測的長期指標。全球現行的茶葉生產，為了管理方便、降低管理成本與增加產量，將茶樹(*Camellia sinensis* (L.) O. Ktze.)以大面積單一作物種植，並且矮化處理。在這樣單調植被的環境下，落葉量減少引發林下棲地退化，腐植土層的生物多樣性急速下降，林下即便有施肥，整個土層仍需依賴生物，將有機物碎屑化。

除了常見的茶園單一作物經營方式外，在世界各地區亦可見到茶林混植的遮蔭栽培模式。茶樹原本是生長在中國雲貴高原及其邊緣地區雲霧繚漫的原始森林中，是林下的耐蔭植物。中國唐代陸羽的茶經中也提到「陽崖陰林」中茶葉的品質較佳，以長在向陽山坡且有林蔭覆蓋下生長的茶樹最好。茶園中適度增加遮蔭度可以提高茶葉品質，例如日治時期台灣亦曾鼓勵茶園與相思樹等經濟林木混植(唐先柏和鄭智殷 2004)。

螞蟻在陸域生態系統中是最普遍的昆蟲之一，其中有些物種對環境改變敏感，即生態容忍範圍狹窄，可作為生態功能復原的指標(林宗岐和吳文哲 2003)。螞蟻族群扮演重要的功能階層(functional guild)，可將螞蟻區分為：1.干擾群(Disturbance group)，能容忍環境干擾，2.逆壓群(Stress group)，能面對生存壓力(stress)而局部優勢(董景生等 2009，林宗岐和鍾富雅 2012)。由螞蟻功能階層分析，將提供遮蔭茶園經營與森林更新後，可能的生態調適及反應，並增進我們對該森林生態系功能的瞭解。

### 方法

#### 一、遮蔭茶園樣區

新北市坪林區漁光地帶，自清代起便已開始茶樹植栽與生產製造；1790 年代(清嘉慶年間)安溪人開墾烏龍茶林至闊瀨。日治時期的昭和元年(1926)更由「三井合名會社」開墾製茶，並在 1930 年(昭和 5 年)產製包種茶達顛峰，更獎勵紅茶生產輸歐。之後茶園

<sup>1)</sup> 中國文化大學森林暨自然保育學系，11114 台北市陽明山華岡路 55 號。

<sup>2)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066 台北市中正區南海路 53 號。

\* 通訊作者，E-mail: fhchen@tfri.gov.tw。

面積有增有減，目前仍是台灣重要茶葉產區。

本試驗地面積約為 0.3 ha，原為栽植超過 20 年的慣行矮化茶園，於 2011 年於茶園內混植牛樟小苗，分為 3 種不同栽植密度(A：1.5×2 m，B：3×3 m 及 C：4×4 m)，各處理面積大約相同，每種處理 2 重複，以了解茶園混植牛樟之最佳混植密度，逐年記錄混植牛樟之存活及生長情形，林下茶園則於牛樟長大後 2015 年起停止經營管理。樣區 D 則是茶園旁邊已種植約 20 年的鬱閉青楓林，林下為持續收茶的矮化茶園。

## 二、樣區蟻相動態部分

為偵測溫暖潮濕的腐質土與落葉層間較完整的蟻群結構，於 2015 年 5，9 月、以及 2016 年 1，5 月每四個月在遮蔭茶園各樣區(A，B，C，D)，避開邊緣芒草地，針對林木下層茶叢底部，取表土土樣各兩包，採土用 8 號封口袋裝滿 40×28 cm (約一升容量)，置於陰涼處帶回。當日立即使用落葉袋(Winkler bag)集中法，吊掛約兩周，讓土層中的螞蟻自動掉出，然後以酒精保存，鑑定並分析之。

## 結果與結論

### 一、茶園牛樟栽植處理之生長量

混植牛樟栽植 5 年後之成活率介於 51%-79%之間(表 1)，以 C 區低密度(4×4 m)栽植之牛樟存活情形最差，主要是因為去年八月份颱風，造成許多單株死亡。雖然該區牛樟成活率最低，但生長情形最佳，平均高度達 362 cm，地徑達 116 mm。冠幅總和可以了解當地的冠幅鬱閉情形，目前 A 區的冠幅總和約是 B 區的 2 倍，C 區的 4 倍。

表1. 遮蔭茶園之5年生間植牛樟(處理A~C)及20年生青楓(處理D)之存活及生長情形

| 處理<br>(栽植密度) | 栽植<br>株數 | 成活率<br>(%) <sup>1)</sup> | 高度<br>(cm)    | 地徑<br>(mm)   | 冠幅<br>(m <sup>2</sup> ) | 冠幅總和<br>(m <sup>2</sup> /ha) <sup>2)</sup> |
|--------------|----------|--------------------------|---------------|--------------|-------------------------|--|
| (D) 對照組      | 300+     | na <sup>3)</sup>         | 301.54± 19.30 | 57.35±20.73  | 0.87±0.63               | 8,706                                      |
| (A) 2×1.5m   | 283      | 71                       | 349.51±114.01 | 88.59±34.45  | 3.35±2.70               | 7,867                                      |
| (B) 3×3m     | 81       | 79                       | 350.31± 75.26 | 90.41±29.03  | 4.05±2.71               | 3,552                                      |
| (C) 4×4m     | 67       | 51                       | 361.56±138.76 | 115.66±38.06 | 5.62±3.54               | 1,795                                      |

<sup>1)</sup> 在2011-2012年補植2次。<sup>2)</sup> 冠幅總和為單位面積中所有單株冠幅之加總。

<sup>3)</sup> D區屬20年前栽植的青楓林，株距密集約在3.5株/m，其生長狀態為2016年7月所測。

### 二、螞蟻相的時空分布差異

(一)遮蔭茶園 C 區(密度 4×4 m)屬樹距開闊、生長情形佳的林分結構。

1. 遮蔭茶園下的干擾群包括琉璃蟻亞科的黑頭慌琉璃蟻(*Tapinoma melanocephalum*)，及家蟻亞科中的三大淺山常見廣泛分布種：即是小單家蟻(*Monomorium pharaonis*) (體長(TL)2.3 mm)、大林長腳家蟻(*Aphaenogaster tipuna*) (TL>5 mm，有背刺)、和高橋長腳家蟻(TL<4 mm，無背刺)。這些干擾群屬雜食性的碎食者(dentritivore)，對風倒干擾的適應性強，較適應地徑大、高度高的大樹冠區(C>B>A>D)。
2. 逆壓群主要為針蟻亞科的爪哇粗針蟻(*Pachycondyla javana*) (TL>3 mm，大型)，和刺瓦姬針蟻(*Hypoponera zwaluwenburgi*) (TL<2 mm，小型)，另外 C 區偶見其他瘤顎家蟻(*Strumigenys* spp.)。刺瓦姬針蟻較傾向於濕季出沒，依賴於大量降雨期間，例如 2015 年 9 月的秋季梅雨；爪哇粗針蟻則可承受乾季，全年可見。

(二)遮蔭茶園 B 區(密度 3×3 m)冠幅總和中等、牛樟苗木生長情形開始受限。

1. 遮蔭茶園下的干擾群是琉璃蟻亞科的黑頭慌琉璃蟻，及家蟻亞科中的三大廣布種：小單家蟻、大林和高橋長腳家蟻。群居築巢的勤勉舉尾蟻(*Strumigenys chuchihensis*) (TL 3 mm)開始出現，於較潮濕的月份出沒，頻繁收集碎屑，為低海拔山區常見的林下蟻種。
2. 中度遮蔭下逆壓群蟻蟻種類大幅增加，針蟻亞科的爪哇粗針蟻(大)和刺瓦姬針蟻(小)各自傾向乾、濕季節出現，而小型掠食蟻種還出現了盾角針蟻亞科的伊藤盾角針蟻 TL 3 mm，中型)，為東亞中低海拔山地族群數量稀少的逆壓群。伊藤盾角針蟻生活於森林落葉層中，築巢於倒木與枝條中，複眼退化，僅具 1 小眼；腹錘部第二節明顯發達向後延長呈圓筒狀，後幾節明顯彎曲向前，腹錘背板著生濃密絲狀毛，螫針明顯以獵殺適宜尺寸落葉層昆蟲。此類逆壓群主要生存在環境極端的棲地，逆壓忍受度高，且具有特殊的食性及行為，可作為演替中期環境、敏感易受干擾的生態指標(董景生等 2009)。
3. 中度遮蔭下的逆壓群中還包含較多臺灣特有種的掠食者(predator)瘤顎家蟻分布。較大型的蓬萊瘤顎家蟻(*Strumigenys formosensis*)工蟻體長 2.9-3.3 mm，大顎延長平直呈鐮刀狀用以獵殺跳蟲(彈尾目，Collembola)。瘤顎蟻後腹柄節側緣與下緣著生明顯海綿體構造，具有特定氣味溝通功能。小型的屈尺瘤顎家蟻工蟻體長 2-3 mm，大顎渾圓較短，適宜坐等獵殺較小的彈尾目昆蟲。這些小型的逆壓群(瘤顎家蟻、盾角針蟻)都傾向在春季適宜氣候開始繁殖，及領域擴張。

(三)茶園 A 區(密度 1.5×2 m)的牛樟冠幅總和高，在茂密遮蔭下干擾群的勤勉舉尾蟻依然維持高優勢度，適應較開闊林隙的黑頭慌琉璃蟻則減少。至於逆壓群的敏感蟻種，

則依然有針蟻亞科的爪哇粗針蟻(大)和刺瓦姬針蟻(小)，主要在秋季開始活動。

(四)遮蔭茶園 D 區屬密集的青楓人造林，小葉烏龍灌叢已生長在鬱閉的青楓樹冠下逾 20 年。有干擾群中山蟻亞科的黃腳黃山蟻，家蟻亞科的勤勉舉尾家蟻，及三大廣布家蟻(小單家蟻、大林和高橋長腳家蟻)。鬱閉的遮蔭茶園底層也分布多種逆壓群，如大體型的爪哇粗針蟻(TL>3 mm)、刺瓦姬針蟻(TL<2 mm)、蓬萊瘤顎家蟻(2.9-3.3 mm)、與屈尺瘤顎家蟻(2-3 mm)，顯見森林邊緣土壤中落葉層熟成良好，當茶園採收季節轉換之際，能支持較多樣的無脊椎動物於石下與土中繁衍。

(五)進行種類豐度之單因子變異數分析，牛樟混植於茶園 5 年後，落葉層螞蟻多樣性顯著由季節因子決定( $p=0.015^*$ )，其次才是茶園內造林密度處理。分析螞蟻相功能群組成，其中又以干擾群主要受季節影響變動，而逆壓群出沒則與特定季節棲地有交互關係。特別是干擾群中如高橋長腳家蟻沿著較稀疏林下的 B、C 二區較常出沒，而逆壓群如瘤顎家蟻與盾角針蟻則相反地主要分布於較密林下 A、D 二區。

## 引用文獻

林宗岐、吳文哲 (2003) 台灣螞蟻相(膜翅目：蟻科)--並附亞科與屬檢索表。國立台灣博物館年刊 46：05-69。

林宗岐、鍾富雅 (2012) 探索湖山生物資源解說手冊-螞蟻篇。(薛美莉、羅華娟 編)。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。

唐先柏、鄭智殷 (2004) 日治時期台灣山林政策下的新竹地區的林業發展，竹塹文獻雜誌 29:8-29。

董景生、山馥嫻、林宗岐、余偲嫻 (2009) 福山地區螞蟻監測及鑑定指南。行政院農業委員會林業試驗所。

表 2. 2015 年 9 月至 2016 年 6 月利用落葉袋調查坪林遮蔭茶園之螞蟻群聚組成、取樣位置與其所屬功能群(干擾群及逆壓群)

| subfamily                     | species                                   | 樣區                                 | D. (0.5 m)              | A. (2×1.5 m)   | B. (3×3 m)  | C. (4×4 m)   |
|-------------------------------|---|------------------------------------|-------------------------|--|---|--|
|                               |   | 林分<br>冠幅總和<br>(m <sup>2</sup> /ha) | 鬱閉<br>8,706             | 緊密<br>7,867  | 中等<br>3,552   | 開闊<br>1,795  |
| <b>干擾群(Disturbance Group)</b> |   |                                    |                         |  |   |  |
| 山蟻亞科<br>Formicinae            | 黃腳黃山蟻<br><i>Paratrechina flavipes</i>     |                                    | (夏) D1 D2               | (春) A1-40 A2-87  |   |  |
| 琉璃蟻亞科<br>Dolichoderinae       | 黑頭慌琉璃蟻<br><i>Tapinoma melanocephalum</i>  |                                    |                         | (夏) A1-118   | (夏) B1-39   | (春) C2-16<br>(夏) C1-11<br>C2-16<br>(秋) C1-9 C2-16        |
| 家蟻亞科<br>Myrmicinae            | 勤勉舉尾蟻<br><i>Strumigenys chuchihensis</i>  |                                    | (秋) D1                  | (秋) A2-121 135<br>A2-87  | (夏) B1-39<br>(秋) B1-7 9 27  |  |
|                               | 小單家蟻<br><i>Monomorium pharaonis</i>       |                                    | (秋) D1 D2<br>(春) D1-2 3 | (夏)(秋) A1-40<br>A2-87 121<br>(冬) A1-127 A2-20<br>(春) A1-40 113 127 | (秋) B1-9,27<br>(冬) B1-16 B2-40<br>(春) B1-6 27 39 40<br>B2-14 18       | (秋) C1-2,9<br>C2-16,23<br>(冬) C2-16 23<br>(春) C1-2 C2-23 |
|                               | 大林長腳家蟻<br><i>Aphaenogaster tipuna</i>     |                                    | (春) D1                  | (秋) A1-40 44 111<br>(春) A1-40 43 A2-20<br>87                       | (秋) B1-40B2-10 18 19<br>(冬) B2-40<br>(春) B1-27 12 39 B2-2<br>14 18 40 | (秋) C1-5 9<br>C2-30<br>(春) C1-2 9<br>C2-16 23            |
|                               | 高橋長腳家蟻<br><i>Aphaenogaster takahashii</i> |                                    | (秋) D1<br>(夏) D2        | (秋) A1-150 A2-147<br>(冬)A2-20<br>(夏)A1-118                         | (冬) B1-12   | (秋) C1-5 C2-30<br>(冬) C1-29<br>C2-23                     |
| <b>逆壓群(Stress Group)</b>      |   |                                    |                         |  |   |  |
| 家蟻亞科<br>Myrmicinae            | 屈尺瘤顎家蟻<br><i>Strumigenys chuchihensis</i> |                                    | (春) D1-2                | (夏) A2-20  | (夏) B1-40   | (春) C2-23  |
|                               | 蓬萊瘤顎家蟻<br><i>Strumigenys formosensis</i>  |                                    | (冬) D1 D2               |  | (夏) B1-39   |  |
| 針蟻亞科<br>Ponerinae             | 爪哇粗針蟻<br><i>Pachycondyla javana</i>       |                                    | (春) D1-1                | (秋) A2-135 A2-87   | (春) B1-39<br>(冬) B1-20  | (秋) C1-9 C2-27   |
|                               | 刺瓦姬針蟻<br><i>Hypoponera zwaluwenburgi</i>  |                                    | (春) D1-2                | (秋) A1-44 A2-87  | (秋) B1-9 B1-39  | (秋) C1-2   |
| 盾角針蟻亞科<br>Proceratiinae       | 伊藤盾角針蟻<br><i>Proceratium itoi</i>         |                                    |                         |  | (春) B1-39   |  |



## 生物多樣性指標建置與資料品質檢核機制

邱祈榮<sup>1),2)</sup> 周巧盈<sup>3)\*</sup> 郭悌懿<sup>1)</sup> 李玲玲<sup>3)</sup> 邵廣昭<sup>4)</sup> 林政道<sup>5)</sup>

### 緒言

生物多樣性公約第十次締約方大會(Convention on Biological Diversity - Conference of the Parties 10, CBD-COP10)通過《愛知目標(Aichi Targets)》，呼籲全球、區域、國家到地方尺度，均需加強生物多樣性的監測工作，以期為生物多樣性的保育與進展提供科學性的數據(CBD, 2010)，一方面可以瞭解與掌握各地方、國家、區域或全球生物多樣性的保育狀況，二來可以檢討各國施政，期望能提供量化的指標來反應或遏止現有造成生物多樣性喪失的原因。生物多樣性指標聯盟(Biodiversity Indicators Partnership, BIP)為協助各國能評估在 2020 年達成愛知目標的進展狀態，因而出版國家生物多樣性指標的發展與使用指引，以協助建立各尺度的生物多樣性指標，並促進國際間生物多樣性狀態的比較基準、生物多樣性資料的流通及保育工作的推展。

我國雖非 CBD 之締約方，無法繳交國家報告，但仍需積極配合國際公約及規範，做好國內生物多樣性的保育工作，加強與國際合作交流，以維護我國的生態環境及資源的永續利用。因此，因應愛知目標、永續發展願景及我國生物多樣性永續發展行動計畫的要求，林務局委託中研院與臺大的生物多樣性研究中心共同執行建立國家生物多樣性監測與報告系統計畫，以下簡稱 TaiBON (Taiwan Biodiversity Observation Network)。TaiBON 首先參考國際上之生物多樣性指標之特性與要件，發展我國生物多樣性指標之評估機制；並依據 BIP 的生物多樣性指標發展架構與經驗，建立國家生物多樣性指標發展之系統與架構，持續增修訂各種指標，使其能反映國家生物多樣性之變化，並產生指標使用說明之草案。

此外，在生物多樣性長期監測與資料整合方面，因為政府委託各部會進行的調查計畫或部門自行建置的資料，大多各自為政，難以交流、公開並分享給使用者。因此，國

---

1) 國立台灣大學森林環境暨資源學系，10617 台北市中正區羅斯福路四段 1 號。

2) 行政院農業委員會林業試驗所，10066 台北市中正區南海路 53 號。

3) 國立台灣大學生物多樣性研究中心，10617 台北市中正區羅斯福路四段 1 號。

\* 通訊作者，E-mail: chiaoyingchou@ntu.edu.tw。

4) 中央研究院生物多樣性研究中心，11529 台北市南港區研究院路二段 128 號。

5) 國立嘉義大學生物資源學系，60004 嘉義市學府路 300 號。

內亟需整合國內相關機關之長期生物多樣性研究及成果，發展國家生物多樣性觀測資料整合機制，提供具有代表性的資料進行指標發展，以掌握生物多樣性的現況與變化趨勢。有鑑於此，TaiBON 透過生物多樣性指標計算資料品質檢核機制之發展，評估資料蒐集機制與資料品質，尋求品質改善的方法，以確保指標資料符合可量測、可報告及可查證 (Measurable, Reporting, Verifiable) 的 MRV 原則。本報告首先介紹 TaiBON 生物多樣性指標之建置架構，藉以產生具有多樣性的指標草案；另一方面，陳述指標資料檢核機制之建立與資料品質評估原則，以確保指標計算所需資料之信度與效度。

### 生物多樣性指標之建置與指標草案

TaiBON 生物多樣性指標建構主要依據 BIP(2011)針對國家級生物多樣性指標發展與運用所建構的指導方針。BIP 的指標發展強調指標是否反映關鍵議題、如何定義可能的指標、資料蒐集與檢核、指標計算與判讀，並強調指標的評估與反覆修改的循環機制，透過監測與報告系統的建立，以確保指標使用之永續性。BIP 的指標發展架構具有評量、回饋與改善的機制，每個步驟都需要與前後的步驟相關聯與配合，時時調整與檢討。

因此，TaiBON 生物多樣性指標建構於 BIP 之指標發展架構之上，以愛知目標與聯合國永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)為指標發展原則，將國內已有的指標與國外廣用的指標為範例，透過指標訂定與評估原則(包括四大面向與六個原則)，反覆進行指標的評估與檢討，進而發展生物多樣性指標草案，作為指標定義、內涵、計算方式與呈現方式的準則，如下圖 1 所示。

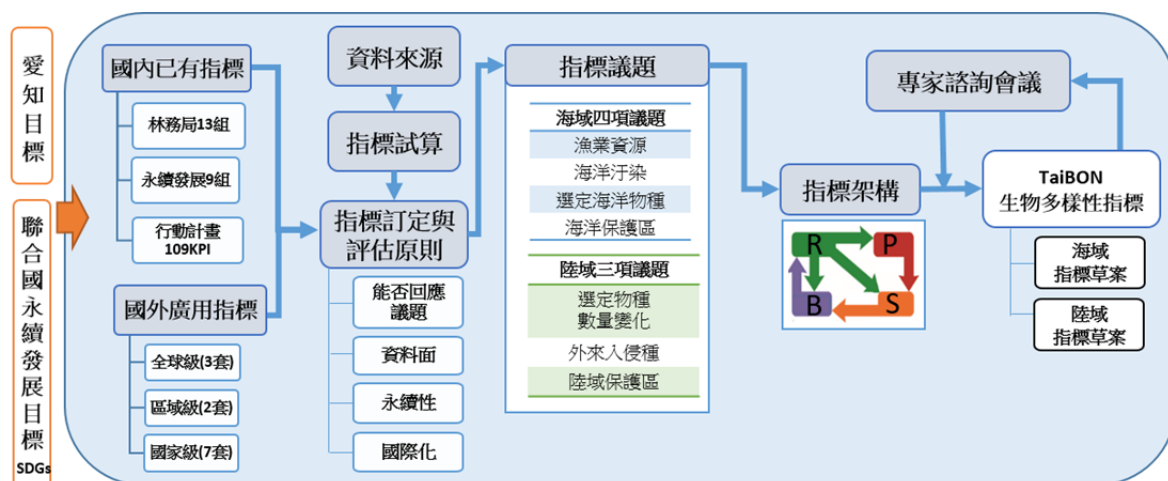


圖 1. TaiBON 生物多樣性指標發展過程

其中，國內外指標現況蒐集與分析後，分別參考全球、區域以及國家層級共十二套國外廣用的指標系統，其中若指標所定義的內涵與國內相似，則將評估是否有改善國內現有指標之可能性。若國外的指標尚未在國內使用，則評估在國內採用的可行性。國內已有的指標主要透過林務局(2010)建議蒐集的 13 項生物多樣性指標、永續會(2003-2014)配合 SDGs 所發展的 9 項生物多樣性相關之永續發展指標與 103 項行動計畫方案中管考執行成效的績效指標(Key Performance Indicator, KPI)進行檢討，並盤查國內外相關研究，初步篩選出具有可行性的候選指標群。接著，透過指標訂定與評估原則，進行指標的評估與檢討，並以生物多樣性的「議題」為導向。TaiBON 生物多樣性指標議題發展主要分為海域與陸域兩方面進行，由各自規劃指標探討的議題項目，並依據 BIP 所發展的指標分類架構(PSBR-Pressure、State、Benefit、Response)(BIP, 2014)，於各指標議題下，研擬相關的指標。最後，透過相關專家學者的諮詢會議，以整合國內政府部門、學術研究單位、NGO 的專家學者與部會代表之建議，以完善指標草案的訂定基礎，最終以產出多樣性為主的國家生物多樣性指標草案，共 77 項(邵廣昭等人 2015)。

此指標草案的研擬與呈現方式，主要針對每一項指標詳細描述其意義、定義、PSBR 分類型、量測方法、指標負責單位及其應提供資料與數據、所對應的愛知目標、所對應的 SDGs 目標、及所對應的生物多樣行動方案工作項目等八項內容，進行指標草案之初擬。指標草案的內容，須要經過指標相關的權益關係者(指標直接的使用者、資料提供者、指標發展與應用單位及對於相關議題關注的社會大眾與民間團體等)反覆的溝通、協調，再針對具有實用性的指標，推薦納入永續發展指標系統。因永續會為主要推動並執行生物多樣性指標的力量，目前仍以強化、新增現有永續發展指標，掌控可量化績效指標與永續發展指標連結性為主要目標。

### **生物多樣性之指標資料品質檢核機制**

生物多樣性指標的建立需要透過各個監測系統與調查單位所提供的資料進行計算，資料的來源與資料的品質，將決定指標計算的可信度與代表性。

首先針對指標計算所需的資料項目進行資料蒐集，透過三個面向確認是否所蒐集的資料足以進行 PARCC 資料品質檢核過程。第一面向確認是否有監測單位負責資料長期蒐集與彙整的工作；第二面向確認所蒐集的資料是否為長期且連續的資料；第三面向確認此長期蒐集的資料所依據之監測方法具有一致性且標準化。若資料提供單位具備資料品質管制報告，將能確認資料蒐集過程的標準化流程。接著，針對通過上述三面向評核

的長期監測資料，依據 PARCC 資料品質評估原則進行資料品質檢核。TaiBON 透過 PARCC 資料品質評估五要素的方法，來建立資料品質檢核機制。PARCC 五要素為精確性(Precision)、準確性(Accuracy)、代表性(Representativeness)、完整性(Completeness)與比較性(Comparability)。資料品質檢核機制如下圖 2 所示。

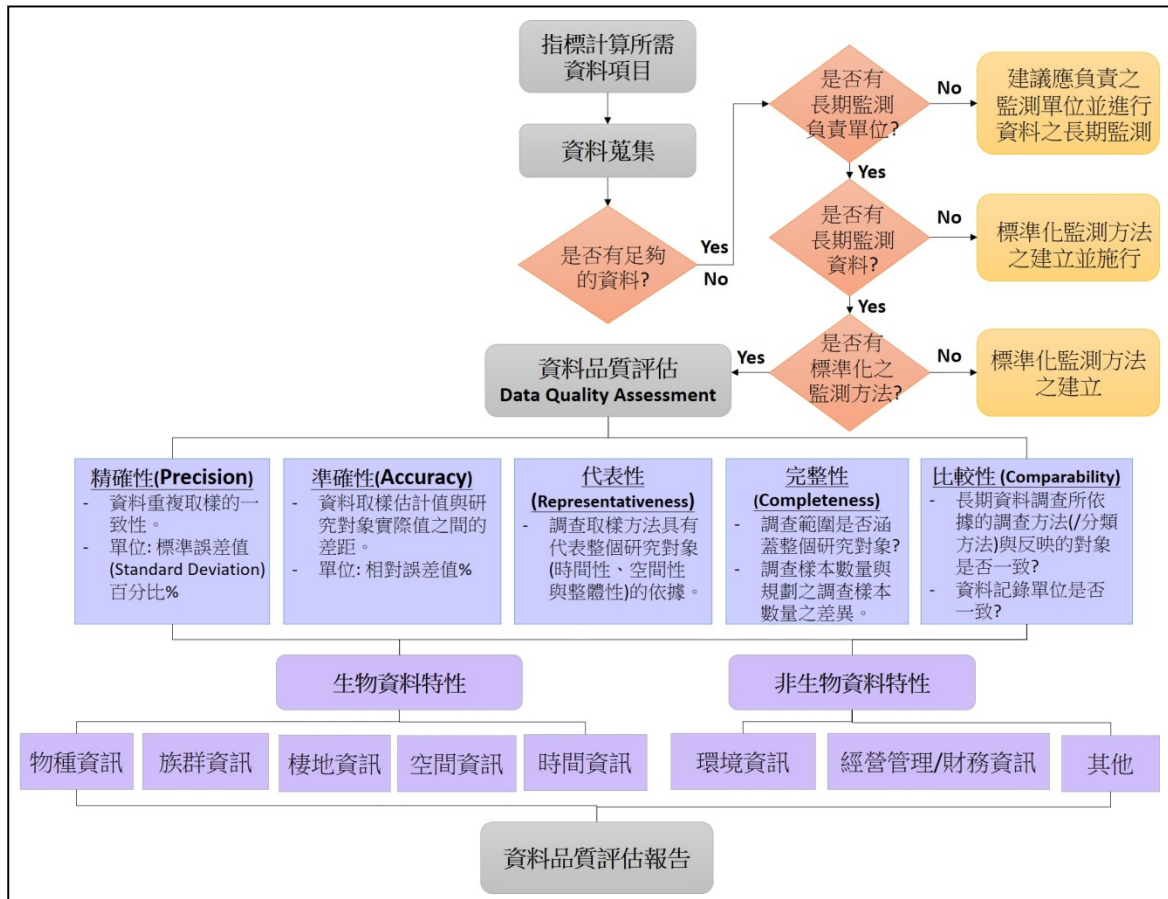


圖 2. TaiBON 指標計算之資料品質檢核機制

PARCC 資料品質檢核機制包含兩階段，第一階段將資料類型區分為「生物資料特性」與「非生物資料特性」兩類別。其中，「生物資料特性」包含物種、族群、棲地、空間與時間等資訊：「物種資訊」主要評估其物種辨識與學名鑑定、「族群資訊」主要評估其族群類別與調查數量、「棲地資訊」主要評估物種分布之各類環境類型、「空間資訊」主要評估其樣區大小與調查取樣之涵蓋範圍、「時間資訊」主要評估其資料蒐集的頻度。

第二階段主要針對「生物資料特性」之各類型資訊分別進行 PARCC 評估，並整理評估原則「符合性」之統計檢核表。精確性 P 主要考量資料重複取樣是否具有的一致性，

使用的統計值為標準誤差值。準確性 A 主要考量資料取樣估計值與研究對象實際值之間的差距，使用的統計值為相對誤差值。代表性 R 主要考量調查取樣方法具有代表整個研究對象(時間性、空間性與整體性)的依據。完整性 C 主要考量調查是否涵蓋整個研究對象，以及調查樣本數量與規劃調查之樣本間的差異。比較性 C 主要反應長期調查所蒐集之資料間的一致性，包括長期資料調查所反映對象的一致性，長期資料調查所依據的調查方法/分類方法的一致性，與資料記錄單位的一致性等。透過上述評估，即可統計符合 PARCC 評估原則的資訊項目與不符合的項目數，整理成統計檢核表，以展示各項資訊類型其資料品質之 PARCC 評估結果。另外，「非生物資料特性」之 PARCC 分析目前不在本報告中討論。

## 結論

生物多樣性指標以量化的數據呈現生物多樣性變化的趨勢、生物多樣性喪失的影響與壓力來源，以及評估生物多樣性保育政策的成效。TaiBON 依據 BIP 的生物多樣性指標發展架構與經驗，建立國家生物多樣性指標發展之系統與架構，並透過指標評估之四大面向與六項原則，強調指標對於議題的回應性、資料的有效性、指標使用的永續性與國際化等特性。同時，透過不斷的評量、回饋與改善的機制，時時檢討與改善生物多樣性指標的草案內容，以強化指標的代表性與實用性。更進一步，TaiBON 透過 PARCC 資料品質評估原則，建立指標資料檢核機制，以確保資料具有長期的監測單位所負責，蒐集的資料依據標準化的監測調查系統，長期且持續地進行資料蒐集。如此，才能確保指標計算的成果與指標呈現的趨勢具有可信度與代表性。

## 引用文獻(請洽通訊作者)



## 山櫻花物候模式研究

劉恩好<sup>1)</sup> 邱祈榮<sup>2)\*</sup>

### 緒言

氣候變遷正影響全球植物物候的表現，建立物候模式後，再透過物候模式的預測，有助於瞭解植物對氣候變遷的反應。然而，目前的物候模式都是根據國外溫帶氣候條件研究出來的，有些研究已指出，溫帶地區的物候模式不一定適用於屬於亞熱帶氣候的台灣地區(歐錫坤 1992)，因此發展一套適用於評估並預測氣候變遷對本土植物物候影響的研究是一件刻不容緩的重要工作。

由於全球暖化造成的溫度上升是緩慢的，除非像聖嬰現象使冬季溫度異常偏高，否則不易在短時間內察覺植物物候受暖化的影響情形，本篇研究主要藉由山櫻花受 2014 非聖嬰年及 2015 聖嬰年影響後之物候資料，引入各種不同的物候模式，進行模式參數的調整，並計算預測誤差，找出預測台灣地區山櫻花(*Prunus campanulata*)開花最適用的物候模式及參數數值，作為全球暖化下，預測山櫻花開花時間變化的重要參考模式。

### 方法

#### 一、試驗地點及調查方法

山櫻花物候調查地點在嘉義阿里山 600、1000、1400 及 1800 m 等不同海拔高度的監測樣區，每個樣區有 3 株固定調查樣木，由於山櫻花開花時間為 1 月初至 2 月，試驗從 2014 年 12 月開始，每 10 天調查一次，但實際調查日期可能會有 1-3 天的誤差，共有 2015 及 2016 兩年度的花期資料，並同步放置溫溼度紀錄器紀錄每小時溫度資料。物候調查方式為每株樣木判釋 4-6 個固定枝條上每個芽體的開花階段，開花階段包含休眠期、花芽膨大期、露蕾期、始花期(花序中只有 1 朵花瓣打開)、盛花期(花序中 2 朵以上花瓣打開)及落花期，並計數每個開花階段的芽體數。花芽開裂日期及盛開日期的判定方面，參考 Albuquerque 等(2008)研究報告，將花芽開裂日期定義為有 40~50%花芽處於花芽膨大或露蕾期，而盛開日期為始花期及盛花期的物候數達最大的日期。

---

<sup>1)</sup> 國立台灣大學森林系博士後研究，10617 臺北市羅斯福路四段 1 號。

<sup>2)</sup> 林業試驗所研究員兼副所長，10066 臺北市南海路 53 號。

國立台灣大學森林系教授，10617 臺北市羅斯福路四段 1 號。

\* 通訊作者，Email: [esclove@ntu.edu.tw](mailto:esclove@ntu.edu.tw)。

## 二、物候模式應用

試驗套用二種溫時模式 ForcSar model 及 ForcTT model 及二種傳統冷積模式 North Carolina model 及 Low Chilling model (Chuine et al. 1999)，並改變其模式參數，以找出適用於預測台灣低至中海拔山櫻花開花時間的物候模式。

## 三、物候模式預測準確度評估

試驗以二年度花芽開裂及盛開日期的調查資料套用物候模式後，所得冷積需求量(chilling requirements)或生長促進需求量(forcing requirements)的二年平均值來預測該二年度的開花日期。試驗參考 Cesaraccio 等(2004)，計算預測日期與實際日期的相距天數來評估物候模式適用性。計算公式如下：

$$R_A = \frac{\sum_{i=1}^N |d_{pi} - d_{oi}|}{N}$$

$R_A$  為預測誤差， $d_{pi}$  為預測日期， $d_{oi}$  為實際日期， $N$  代表花季數。若預測誤差越小，表示物候模式預測的開花時間越符合實際情況。

## 結果與討論

所有環境因子中，溫度被認為是影響物候時間改變的主要因子，因此大部分物候模式以溫度為建立基礎。試驗期間各海拔樣區的溫度紀錄顯示，2015 聖嬰年導致 12 月均溫較 2014 年高出 4°C，而 2016 年 1 月約高於去年度 0.7-1.8°C，顯示 2015 聖嬰年的暖冬現象明顯。此暖冬現象伴隨著 2016 年低海拔地區 600 及 1000m 的花芽開裂及盛開時間較 2015 年延後 9-13 天，但開花時間延遲現象不發生在 1400 及 1800 m 中海拔樣區，二年度冬季溫度及開花時間變化正好可用測試各種物候模式在不同海拔的適用性。

測試 ForcSar model 及 ForcTT model 參數於預測 2015 及 2016 年花芽開裂及盛開日期的結果顯示，ForcSar model 的溫度變動敏感參數負值越小，而 ForcTT model 的門檻溫度越低，預測誤差皆越小，代表增加低溫範圍的生長促進單位累積量有助於降低預測誤差。然而，即使 ForcSar model 及 ForcTT model 套用預測誤差最低的參數，二年度開花時間變化較大的 600 及 1000m 低海拔地區，預測誤差仍分別高達 6-7 天及 7.5-8.5 天(表 1)，此現象說明山櫻花芽開裂及盛開日期有必要考量冷積需求量。

在冷積模式測試方面，國外已發表的 North Carolina model 及 Low Chilling model 這二種冷積模式在 1000 及 1800m 中海拔地區對花芽開裂的預測誤差小，但在 600m 低海

拔地區的預測誤差大，顯示這兩種冷積模式不適用於台灣低海拔山櫻花花芽開裂時間的預測上(表 1)。若以 Low Chilling model 為基礎在每個冷積權重的溫度範圍增加 3°C，形成 Subtropical model 1，則能將 600 m 低海拔地區的預測誤差天數從 8-12 天降低至 1 天，但卻反而增加海拔 1000m 以上的預測誤差，顯示應用於低海拔地區的冷積模式必須增加高溫範圍的冷積權重，中海拔地區則反之(表 1)。試驗整合 North Carolina model、Low Chilling model 及 Subtropical model 1 等不同模式的表現，將不同溫度範圍的冷積權重作更細的劃分，提出 Subtropical model 2，其對各海拔的預測誤差僅 0-2 天，顯然自訂的冷積模式 Subtropical model 2 廣泛適用於台灣低至中海拔山櫻花花芽開裂時間的預測上(表 1)。在盛花期的模式測試結果方面，以二年度開花時間變化大的 600m 為例，僅考慮生長積溫的 ForcSar model 及 ForcTT model 預測誤差為 6-13.5 天，若先利用冷積模式 Subtropical model 2 評估花芽開裂日期後，再以 ForcSar model 或 ForcTT mode 預測盛開日期，則能將預測誤差降低至 2.0-2.5 天(表 2)。

表 1. 應用不同模式於預測山櫻花(*Prunus campanulata*)花芽開裂的平均誤差天數

| Elevation<br>(m) | ForcSar model |        |       |       | ForcTT model |      | North<br>Carolina<br>model | Low<br>Chilling<br>model | Sub-<br>tropical<br>model 1 | Sub-<br>tropical<br>model 2 |
|------------------|---------------|--------|-------|-------|--------------|------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                  | 敏感參數          |        |       |       | 門檻溫度         |      |                            |                          |                             |                             |
|                  | -0.25         | -0.185 | -0.12 | -0.05 | 0°C          | 5°C  |                            |                          |                             |                             |
| 600              | 14.0          | 8.0    | 8.0   | 6.0   | 7.5          | 9.0  | 12.0                       | 8.0                      | 1.0                         | 1.5                         |
| 1000             | 17.0          | 12.0   | 9.0   | 7.0   | 8.5          | 10.5 | 3.0                        | 2.0                      | 5.5                         | 2.0                         |
| 1400             | 7.0           | 5.5    | 3.5   | 2.0   | 4.5          | 6.0  | 3.5                        | 2.0                      | 2.5                         | 0                           |
| 1800             | 7.5           | 4.5    | 0     | 1.0   | 4.5          | 7.5  | 0                          | 1.0                      | 4.0                         | 1.0                         |

表 2. 應用不同模式於預測山櫻花(*Prunus campanulata*)盛開日期的平均誤差天數

| Elevation<br>(m) | ForcSar<br>model |        |       |       | ForcTT<br>model |      | Subtropical 2<br>+ ForcSar |        |       |       | Subtropical 2<br>+ ForcTT |     |
|------------------|------------------|--------|-------|-------|-----------------|------|----------------------------|--------|-------|-------|---------------------------|-----|
|                  | 敏感參數             |        |       |       | 臨界溫度            |      | 敏感參數                       |        |       |       | 臨界溫度                      |     |
|                  | -0.25            | -0.185 | -0.12 | -0.05 | 0°C             | 5°C  | -0.25                      | -0.185 | -0.12 | -0.05 | 0°C                       | 5°C |
| 600              | 13.5             | 11.0   | 8.0   | 6.0   | 7.5             | 9.0  | 2.5                        | 2.5    | 2.0   | 2.0   | 2.0                       | 2.5 |
| 1000             | 13.0             | 11.5   | 9.5   | 7.5   | 9.0             | 11.0 | 0.0                        | 1.0    | 1.0   | 2.0   | 1.0                       | 1.0 |
| 1400             | 6.0              | 4.5    | 2.0   | 0.5   | 3.0             | 5.5  | 1.5                        | 1.5    | 2.0   | 2.0   | 1.5                       | 1.0 |
| 1800             | 7.0              | 4.5    | 2.0   | 0     | 3.5             | 9.5  | 0.0                        | 1.0    | 1.0   | 2.0   | 1.0                       | 1.0 |

本篇研究顯示，由於山櫻花屬於溫帶落葉樹種，一般常用的 ForcSar model 及 ForcTT model 這二種溫時模式沒有考慮到低溫需求，因此無法對山櫻花花芽開裂及盛開日期進行有效的預測，然而傳統的冷積模式 North Carolina model 及 Low Chilling model 則不適

用於台灣低海拔地區的預測上，而本研究新提出的冷積模式 **Subtropical model 2** 適合評估台灣低至中海拔山櫻花的冷積需求量及預測開花時間。

## 引用文獻

**歐錫坤 (1992)** 台灣本地種桃樹的低溫需求評估。中華農業研究 41(3): 251-260。

**Alburquerque N, Garcia-Montiel F, Carrillo A, Burgos L. (2008)** Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. *Environmental and Experimental Botany* 64(2): 162-170.

**Cesaraccio C, Spano D, Snyder RL, Duce P. (2004)** Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agricultural and Forest Meteorology* 126(1): 1-13.

**Chuine I, Cour P, Rousseau DD. (1999)** Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees: implications for tree phenology modelling. *Plant, Cell & Environment* 22: 1-13.





## 2016森林資源保存與利用研討會論文集

---

發行人 黃裕星  
編輯 何政坤、簡慶德、廖淑女  
出版單位 行政院農業委員會林業試驗所  
10066 臺北市中正區南海路53號  
電話: 02-2303-9978  
傳真: 02-2314-2234  
網址: <http://www.tfri.gov.tw>  
印刷 勝利數位設計印刷中心  
電話: (02)2754-0526  
出版日期 中華民國一〇五年九月  
工本費 新台幣200元整

圖文有著作權 未經同意請勿使用